スキーの科学とスノーボードの科学

岡部 洋一
東京大学/放送大学 名誉教授

2024 年 3 月 8 日
起草: 1998 年 1 月 23 日

スキー場では皆ターンをする。何故真っ直ぐ滑らないかというと、真っ直ぐだと速度が出過ぎてしまうからである。それでは何故ターンすると、速度を制御できるのだろうかという素朴な疑問から、スキーやスノーボードの力学を議論している。速度を殺すしかけがわかれば、速度を上げるしかけもわかるので、積極的な人にも役立つと信じている。

All Rights Reserved (c) Yoichi OKABE 1998-present.

個人の使用以外のコピーを禁じます。また、再コピーおよび再配布は禁止します。ただし、教育目的に限り、再コピー、再配布は原著者を明示するという条件でのみ許諾します。

リンク先 (クリックできます)

スキーとスノーボードの科学 (議論のページ)
岡部の Web に公開の文書
岡部のトップページ

はじめに

スキーやスノー ボードといえば、まずターンという言葉が頭に浮かぶ。それでは、何故ターンさせる必要があるのだろうか。なお、以後の話は、大部分、スキーでもスノー ボードでも同じであるので、スキーを代表に話を進める。特に、図はほとんど、スキーを中心に描かれている。両者が異なる場合は、その旨を記して、特記することとする。

ターンしないで直滑降をすると、どんどん速度がついてきて危険である。だからターンする。しかし、ターンすればなぜ速度が制御できるのだろうか。大倉山シャンツェに新しい設計法を導入されたスキーの科学の草分けである穂坂先生に、こうした質問を投げかけたことがあるが、スキーの科学はプロスキーヤーがいかにして高速で旗門を通過できるかといったことは議論するが、どうして速度が制御できるかといったことは議論しないのですよというご返事であった。

残念ながら、私は、急速度が恐いスキーヤーだから、この疑問は長年の懸案であった。ようやく、自分に納得の得られる解が見つかったので、本書にまとめた次第である。また、頭で納得できたことにより、体も動けるようになり、技術的にも下手は下手なりの進歩が得られた。まあどちらかというと、体で納得するよりも、頭で納得しないと滑れないスキーヤーの手引書とも言えよう。

この文章を読んで、速度を殺すことを中心にした消極的な態度であるという批判も耳にしたことがあるが、これはあくまでも力学中心の書であり、人間が無意識に速度を殺しているのならば、そのまま記載せざるを得ない。積極的か消極的かは、教習法に反映させるべきであり、力学を曲げる訳にはいかないというのが私の主張である。

もちろん、速度の制御の仕方がわかれば、速度を上げる方法もわかるので、スキーやボードの高速化の議論もできる訳で、この書が、速度に対して弱気のスキーヤーやボーダーだけでなく、積極的な人にも十分役立つと考えている。

また、あくまでもスキーやスノー ボードの科学を書こうというものであるし、また指導員の資格を持っているわけでもないので、教程的な話には多くのページを割いていない。

本書を読むと、大方は当たり前のことしか書いてない。普段からスキーをしながら、考えたり感じたりしているようなことしか書いていない。しかし、普段、考えたり感じたりしていることの中には、感覚的には理解できるが科学的にはおかしいことが沢山ある。本書は科学書であるから、なるべく科学的に正しいことのみを書くように努力をした。そこが普通のスキーの書とは異なるところであろう。

なお、日本は長いこと、スキー技術をスイス、オーストリアといったドイツ語圏から学んだこともあり、用語にもドイツ語のものが多い。近年はそれが徐々に英語になりつつある。特に、ドイツ語用語の方が知られている (というか、英語用語がわからない) 場合には (G) なる記号を付けて掲載した。

著者

1998 年 1 月 23 日:　初稿
1998 年 12 月 30 日:　TeX 化
2007 年 1 月 27 日:　全面改訂
2011 年 9 年 26 日:　深雪の章追加
2012 年 4 月 15 日:　コブの章を大幅書換え
2012 年 5 月 6 日:　モデル人形を採用
2015 年 4 月 25 日:　コブの章を大幅書換え
2024 年 2 月 16 日:　コブの章を大幅書換え

目次

第 1 章　スキーの即習コース 1
1.1　直滑降の練習 1
1.2　エッジング 2
1.3　片側カービング ターン 4
1.4　緊急停止 7
1.5　連続カービング ターン 7
1.6　滑らかなカービング ターン 8
1.7　小回りカービング ターン 9
1.8　日頃の練習 9

第 2 章　雪面に立つ 11
2.1　ニュートンの法則 11
2.2　平地に静止しているスキーヤーの力 12
2.3　スキーで雪面に立つのは何故難しいか 17
2.4　本章のまとめ 22

第 3 章　直滑降 23
3.1　直滑降 23
3.2　慣性力 25
3.3　摩擦のあるときの直滑降 26
3.4　先行姿勢 28
3.5　本章のまとめ 30

第 4 章　回転の力学 32
4.1　曲がりに伴なう加速度 32

4.2 ターン時の加速度と力 34
4.3 本章のまとめ 37

第 5 章 階段バーンでの速度制御 **38**
5.1 エネルギー保存則 38
5.2 階段バーンのジャンプ下降 39
5.3 ジャンプ中の空中軌跡 41
5.4 撃力 46
5.5 連続的な力積 51
5.6 本章のまとめ 51

第 6 章 エッジング **53**
6.1 横滑り 53
6.2 スケーティング 57
6.3 加速中の板上でのバランス 59
6.4 スキーのエッジング 61
6.5 ボードのエッジング 63
6.6 本章のまとめ 64

第 7 章 フラット バーンでのジャンプ ターン **65**
7.1 フラット バーンでの水平エッジングによる速度制御 65
7.2 フラット バーンでのジャンプ ターン 67
7.3 板をどのくらい斜めにするか 69
7.4 本章のまとめ 71

第 8 章 滑らかな速度制御 **73**
8.1 階段バーンでの滑らかな制動 73
8.2 連続系のターン 76
8.3 くの字姿勢 77
8.4 等価的な傾斜 77
8.5 抜重と加重 78
8.6 コブ斜面の直滑降 80
8.7 ターン 81
8.8 本章のまとめ 81

第 9 章 ターンにおける加速と減速 82
9.1 階段バーンでのジャンプ下降における加速と減速 82

第 10 章 カービング スキー 85
10.1 カービング スキーとカービング ボード 85
10.2 真上からの荷重 86
10.3 ターンの維持 88
10.4 ターンの開始 90
10.5 クロス オーバー 91
10.6 カービング スキーの構造 92

第 11 章 ノーマル スキー 94
11.1 ターンの維持 94
11.2 ターンの開始 97

第 12 章 ターンの実際 100
12.1 プフルークターン 100
12.2 シュテムターン 102
12.3 ステップターン 103
12.4 パラレルターン 103
12.5 ウェーデルン 104
12.6 ジャンプターン 105
12.7 本章のまとめ 105

第 13 章 コブのターン 107
13.1 恐怖の克服 109
13.2 コブ 110
13.3 スイッチバック ターン 114
13.4 スライド ターン 118
13.5 バンク ターン 120
13.6 モーグル ターン 122
13.7 吸収動作 123
13.8 リバース ターン 126
13.9 コブでのターンの分類とその他のターン 127

13.10 本章のまとめ 128

第 14 章 深雪の滑走 129

14.1 深雪の直滑降 129
14.2 深さの制御 130
14.3 深雪のターン 131
14.4 本章のまとめ 132

付録 A スキー・ボードの構造 133

A.1 人体のモデル 133
A.2 スキーのモデル 134
A.3 スノーボードのサイズ 135
A.4 バーン 135

第 1 章

スキーの即習コース

この書は，主として**スキー**（ski）や**スノー ボード**（snow-board）の科学について書くつもりであるが，まず，スキーやスノー ボードを始める人に対する即習コースを示そう。ともかくも早く格好のよい**パラレル ターン**（parallel turn）や**カービング ターン**（carving turn）を学ぶにはどうしたらよいのかを示すので，スクールのように，色々なターンの習得法は示さない。もちろん，これらのターンは格好がよいだけではなく，ある意味で究極の目標でもある。この章は，本書に関心を持ってもらいたいという願望と，私のイメージしている滑りを理解してもらいたいために，記載した。

なおスキーについては，現在，もっとも手に入りやすいカービング スキーを用いることを前提としている。また，ほとんどの説明は，まずスキーについて述べ，続いてスノーボードについて差違を示すようにしている。

1.1　直滑降の練習

まず，緩斜面で，先が水平，もしくはやや登り坂になるような場所で，直滑降の練習をする。スキーは最大傾斜の方向に向け，左右のバランスがとりやすいように，最低こぶし程度開けるか，最大でも肩幅程度に平行に置く。なお，最大傾斜の方向の下り直線は**最大傾斜線**（fall line）と呼ばれ，他の章でもたびたび出現する。腰幅を越えるほど開けると，カーブのときなどに，かえって曲がりづらくなる。これを**ナチュラル スタンス**（natural stance）と呼び，以後の説明はすべてこの姿勢を前提とする。

最初は両ストックを前について，滑りを抑えておくが，用意ができたら，ストックを自然に持って，滑走を開始する。膝は軽く折るが，体は真っ直ぐにする。自然に止まるまで，真っ直ぐ滑っていく。

最初のうちはスキーの平行性を確認するために，スキーの先端を見ていてよいが，慣れてきたらなるべく先を見るようにする。また，慣れてきたら体は鉛直ではなく，斜面でも雪面に垂直になるように，積極的に前方に乗り出す。**鉛直**（vertical）とは，鉛のぶら下る方向，つまり水平面に対して垂直な方向を指す。ストックは，握りをしっかり持つが，肩などに力が入らないように，自然に持つ。

まず，**均等荷重**（equal weighting），つまり両足に同じ重さがかかるように意識する。次に，足の裏を意識し，重力がかかとにかかるようにしたり，爪先にかかるようにしたり，何度か前後に動かしてみる。最終のゴールは，常に足の前後真中に乗る**中央荷重**（central weighting）を心掛ける。

この辺は TOK 氏の書かれたフィーリングスキー[*1]の特にキャスター ターンの話が大変役に立つ。これはスキー靴の下にスキーでなく，右前，右後，左前，左後の 4 箇所にキャスターが付いていると意識して滑ろうというものである。スキー板は長いので，荷重点の前後の位置についてはかなりずれても何とか胡麻化して滑ることができる。しかし，これが上達を阻害するのである。同氏のキャスター イメージを持つと，荷重点は靴底の範囲にせざるを得なくなるし，4 つのキャスターへの荷重分散の仕方という形で，荷重点の移動を表現できる。スキーの教育上，極めて分かり易いイメージを受けるので，ぜひ参照して欲しい。

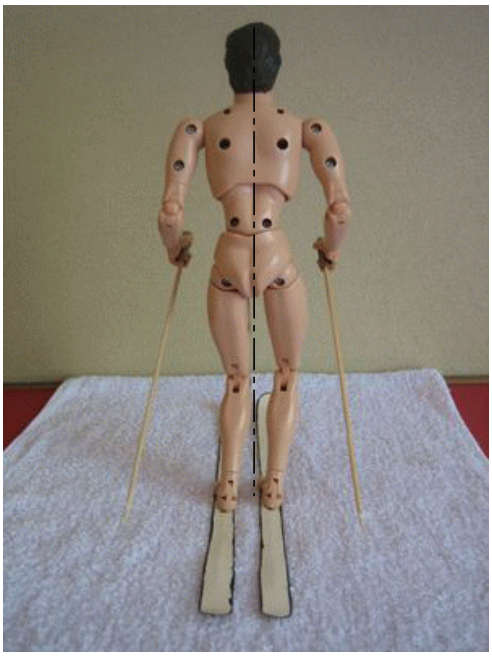
スノー ボードの場合は，前のめりや後反りにならないよう，膝を軽く曲げ，かつ両足の中央荷重と均等荷重を意識する。スキーの均等荷重がスノー ボードでは中央荷重に対応し，スキーの中央荷重がスノー ボードでは均等荷重に対応する。

1.2　エッジング

カーブをするには板の片側の**エッジ**（edge）だけで雪面にのる**エッジング**（edging）の技術が必要となる。しかも，スキーの場合には左右に均等荷重した状態で，かつ両スキーとも，ほぼ同じ角度だけ，エッジングしなければならない。これが，初心者にとっては難々わからない技術なのである。

初心者に右エッジを立てろというと，まずくるぶしを折って対応しようとする。しかしスキー靴がそうした運動を阻害するので，うまくいかない。腰を横に折ってスキー靴全体を右に倒すように努力する。右エッジを立てる正しい姿勢を理解するには，スキーを脱いで，机に軽く腰をかけるというか角に尻を押し付ける。足をナチュラル スタンスの間隔

[*1] フィーリングスキー



背面図



上面図

図 1.1　スキーでエッジを切り替えるには膝を左右に回す

にとり，動かさないようにして，両膝を右に回していく。すると靴の左側が少し上がり，自然に両足の右のエッジが立ってくる。これが正しいエッジングの仕方である。この練習を十分してから，スキーを履いて**図 1.1** のようにエッジ練習をする。この動作を，右だけでなく，左にも，事前に何回かやっておくと極めてスムースにエッジングができるようになる。スキー靴は，膝の折れ曲りには抵抗するが，脛の軸に沿った回転には強い抵抗を示さないので，膝を回すのが可能となるのである。

なお，カービング スキーで深いターンを行う場合には，エッジングというより，傾けた板に真っ直ぐ垂直に乗る意識が必要になる。その場合，腰から上の上半身は置きているが，膝よりは腰付近を大きく曲げて行う。詳細については，章を参照されたい。ここでは，あくまでもスキーを始めるころを意識して記述している。

それにしても，エッジを立てるという感覚よりも，直滑降の場合のように，足裏の荷重点を意識する方がよい。均等荷重のまま，両足裏の右側に荷重がかかるようにする。このときにも前後という意味では，中央荷重になるようにする。つまり，右側寄りではあっても，爪先にもかかとにも均等に荷重がかかっていることを意識し続ける。TOK 氏的に言

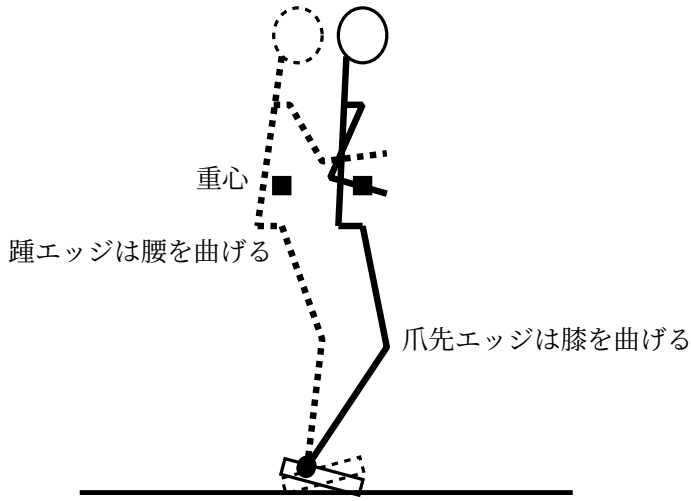


図 1.2　スノー ボードでは爪先エッジングは膝の角度，かかとエッジングは腰の角度を変える

うと，左右の足についた右側の計四つののキャスターに同じ力がかかるようにする。

スノー ボードの場合には，若干異なる。平地にスノー ボードを履いて立ち，爪先の方のエッジを立ててみよう。重心は当然，エッジの真上にこなければならないので，スノーボード板の幅の半分の分の重心移動が起るのである。この際，主として膝を曲げて重心を移動する。また，中央荷重を意識し，また上半身の角度は余り動かさないようにすべきである。この様子を**図 1.2** に示す。

かかとの方のエッジを立てる場合にも，逆向きに重心を幅半分移動する。この際，主として腰を曲げて重心を移動する。スキーに慣れた人がスノー ボードに入るときには，この後向きの重心移動の際，膝で処理しようとして，エッジがかからなくなるので注意。

1.3　片側カービング ターン

緩い斜面で，直滑降から開始して片側ターンの練習をする。いわゆる山回りターンである。直滑降の最中に，膝，腰，上半身をほぼ同じ量，右に回して，両足裏の中央右に荷重点を移動する。するとスキーは徐々に右へカーブしていく。そのままゆっくり山側へ切り上がっていき，自然に停止するまで滑っていく。均等荷重を維持すると共に，中央荷重を維持する。スキーは同じ間隔でかつ平行になるよう心掛ける。

膝から上の回転量を変えて何度か練習するとよい。一般に，回転量を大きくするほど，深く (強く) 曲ることを理解して欲しい。といっても，高々 15deg ぐらいまでの回転であ

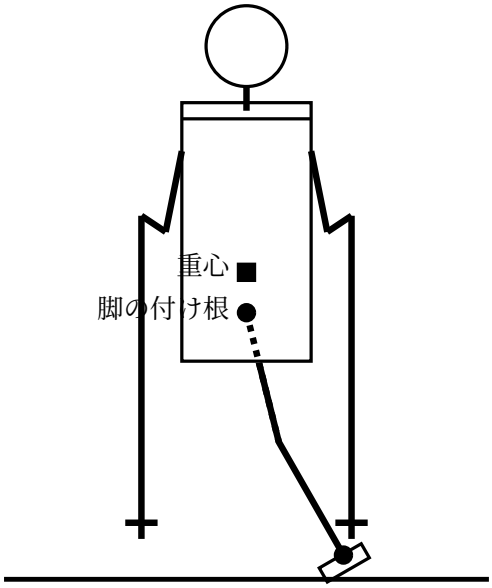


図 1.3　スキーで速度が上がってくると，体軸をターンの内側に入れるだけでエッジがかかるようになる

る。上半身の体軸の方向は，直滑降のときと余り変えないのが望ましい。深く曲るほど，**図 1.3** のように，スキーが体軸の真下から，回転円外側に出ていくことを理解してほしい。これは遠心力が強くなるせいである。この結果，足がスキーを外向きに押す意識が強くなってくるはずである。この際，外足荷重になってくるが，さらに体軸を山側へ移動して両足荷重に戻してもよいし，ある程度外足荷重になってもよい。要は，各人にとってもっとも安定に曲がれる体軸の位置を探すべきである。

昔，ノーマル スキーを使っていてカービング スキーに履き換えた人への注意であるが，テールはあまりズラさない方がよい。心してテールずれが起きないようにし，エッジに沿って，自然に回る。一方，カービングから入った人は，多少のテールずれを気にすることはない。いずれにしても，スキーにまかせて自然に回るのがよい。

ここで，再び TOP 氏の記事の「DO と LET」や「オレンジターン」を参照して欲しい。氏の主張は，力はこちらから入れるものではなく，力を受けてターンせよというものである。ターンを開始するには，膝を入れるような最低限の働きかけは必要であるが，その後は，無理をしない。自然に回っていくのに任せなさい。というもので，私も氏と同じ意見である。[*2]

[*2] 2013 年，SAJ の教程がまた変ったようである。極端なカービングターンからテールずれのあるスキッド

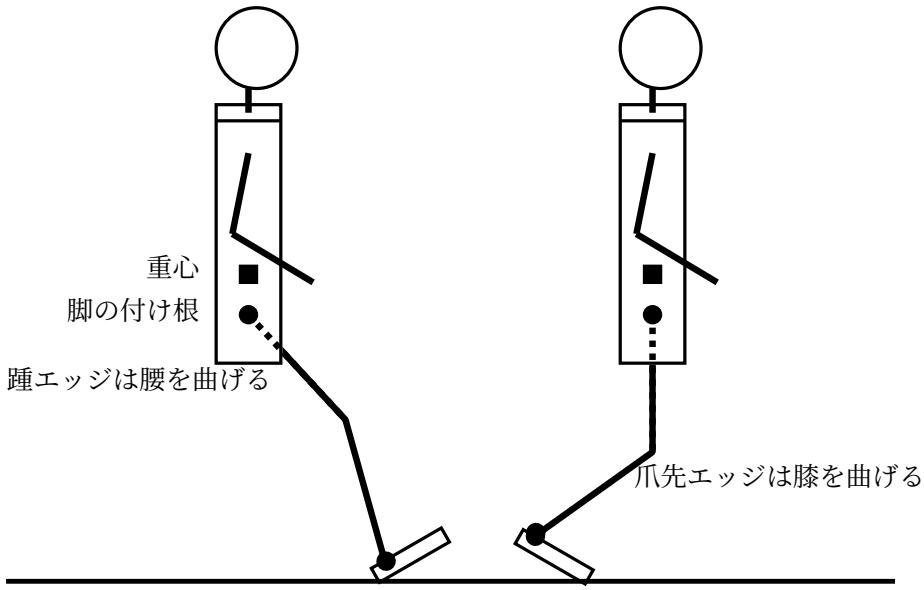


図 1.4　スノー ボードで速度が上がってくると，爪先エッジングは膝の角度を，かかとエッジングは腰の角度を変えるということを，より意識する必要がでてくる

次は左に膝を回して，同じように左へ曲る練習をする。膝の入れ方を色々に変え，カーブの曲率が変ることを体験する。最初はうまく曲っても，それが持続できないときには，足の裏の前後方向の荷重点を再意識し，中央荷重を維持すること。後過ぎるとテールがずれ出し，回り過ぎるし，前過ぎると回り足らなくなる。

スノー ボードの場合，左足前の**レギュラー スタンス**（regular stance）の人は，両爪先に荷重を掛けると右へカーブしていく。逆に両かかとに荷重すると左へカーブしていく。上半身を真っ直ぐにするには，爪先荷重のときには膝をやや深く曲げ，かかと荷重のときには腰をやや折る。両足の均等荷重を忘れないこと。ターンの開始時に，重心を板幅半分だけ回転内側へ移動することを，少し意識して欲しい。

利き足が左の人は右足が前の**グーフィー スタンス**（goofy stance）をとるが，いうまでもなく，右にカーブするときには両かかとに荷重し，左にカーブするときには両爪先に荷重する。

ボードの場合，速度が上がってくると，**図 1.4** に示すように，爪先荷重のときには膝曲

ターンに，やや戻ったようである。今回は，体の姿勢も含め「自然に回るようにせよ」というもので，よい方向への変更と思われるが，SAJ の教程は何年かごとに変り，指導員はその変化を一生懸命教えようとするため，しょっちゅう教習を受けている人はやや迷惑なところもある。

げを中心に処理し，かかと荷重のときには腰曲げを中心に処理するという原則は，低速よりもさらに厳しくなり，そうしないと深いエッジがかからなくなってくる。

1.4 緊急停止

前節で述べた右山回りターンで，直滑降から山回りターンに切り替える際，エッジングを掛けすぎないようにして，かかとの方により強い荷重をかける。するとスキーは山回りターンを始めるが，徐々にテールがトレースよりずれ出し，スキッドが発生する。これにより，スキーは予定よりも早く回転し，体の進行方向に直角になるように向き，大きな抵抗力を受けて，スキーは停止する。そこで，山側に倒れないように，うまくバランスをとって，雪面に立てば緊急停止の終了である。

TOK 氏式に言えば，右へ曲るときには両足の右かかとのキャスターに，じわっとより多くの荷重をかけていく。キャスターは足底にしかないと意識するから，もちろん，右爪先のキャスターにも荷重を少し残さなければならない。

ボードも同じであり，後ろ足にやや体重をかけて軽いエッジングをかけると，谷側エッジがスライドが発生する。

1.5 連続カービング ターン

山回りに慣れてきたら，再び緩斜面へ戻り，左右の連続カービング ターンを練習しよう。膝を軽く右に入れ，少し曲ったら軽く左に入れてみる。意識としては，両足裏の右に荷重し，少し曲ったら，今度は左に荷重する。この作業により，スキーが最大傾斜線に絡みながらうねりながら降下できるようになる。右荷重から雪面フラットの状態を経由して左荷重への切り替えをするが，動作をなるべく滑らかにする。中央荷重に心し，スキーの平行に留意する。

徐々に斜度の高い斜面で練習するようにする。速度が出すぎて怖く感じる場合には，斜度を減らす。オーバースピードで，危険を感じる場合には，山回りで逃げる。しかし，速度には徐々に慣れていくので，いずれ，急斜面でも高速で回れるようになる。遠心力とカーブの終りごろに現われる制動力を意識して欲しいが，過剰な逃げの姿勢は禁物である。これを避けるには，常に土踏まずのところを意識し，中央荷重を心掛けるしかない。

上半身が最大傾斜下方を向くように習慣を付けるようにする。目だけ，頭だけ，肩から上だけを向けるのは駄目で，腰から上を一体として，最大傾斜方向に向ける。それには，二つのスキーの先端を結ぶ線が，常に最大傾斜方向直角，つまり水平に並ぶようにする。

慣れてくると，上半身はそのままで，スキーだけが向きが変わり，上半身とスキーの捻じれ関係を膝の位置で調整するという意識が持てるようになる。

机に軽く腰掛け，膝を軽く折った状態で，かかとを床に付けたまま，爪先を左右に振ってみる。このときの膝の形をスキー場で再現すればよいのである。慣れてきたら，かかとではなく，足裏の中心を中心にして，振る。

スノー ボードでは，上半身を常に最大傾斜に向けるのは不可能である。なるべく最大傾斜の方が目に入るように，全身を徐々に捻じっていくことになる。

カーブが始まり，やがて最大傾斜を越え曲がり終わるころに，雪面からの突き上げである抗力が強くなる。ここで重心を，力に引かれるままに，軽く落とす。すぐ次の逆カーブに切り替える際，沈んだ分をゆっくり取り戻す。深く沈んでゆっくり戻ると，平均速度は遅くなる。余り沈まないと，平均速度は落ちないどころか，場合によっては上がっていく。

突き上げのある点で，足の荷重点がかかと寄りに来ないように心掛ける。これがかかと寄りになると，すぐ直後の立上りでよっこらしょという感じになり，危険回避などの機敏な行動がとれなくなるばかりでなく，いずれ制御不能に陥いる。こうなるのは，最大傾斜で傾斜に呑まれて知らず知らずにうちに重心が後へ移動し，かかと荷重になっているのが，最大の理由である。果敢に斜面に突入するように心掛ける。またも足裏を意識すること。

スノー ボードも同じ。気を付けないと，斜面に呑まれて，後足に荷重が移動していることがある。最大傾斜でも両足均等荷重に留意すること。

1.6　滑らかなカービング ターン

弧を切り替える際，滑らかに接続するように心掛ける。つまり，弧と弧の間に直線区間を作らないようにする。また，弧と弧の接続部分で，荷重を急激に切り替えずに，連続的に切り替えるようにする。

弧の終了点ではかかと荷重になりやすい。また，怖いと思うと，回し過ぎてしまう。かかと荷重になったり，回り過ぎると，いずれもどっこいしょという感じになり，弧が毎回，終了してしまうので，避けるように。

出口氏の書[*3]にある「意識を弧のピークから次の弧のピークまで連続的に繋げ」なる意識改革が，ターンを滑らかにするのに極めて役に立つ。これは，通常，弧を一単位にして，弧を描き，次の弧を描くようにするのだが，その意識が，弧と弧の間に不連続性を入れて

[*3] 出口沖彦:「スキー技術の基本はパラレルだ」スキージャーナル社

しまう。そこで，弧の一番膨れた点から，次の一番膨れた点までを一単位にするように意識を変えると，弧と弧の接続点で，息を継ぐことがなくなり，より連続的になるというものである。同じ正弦関数を sin と思わないで cos と思うのである。気の持ちようで，滑りが変ると言われると，嘘みたいであるが，実際にやってみると，驚くほど大きな影響がでるので，試してもらいたい。

1.7　小回りカービング ターン

小回りターンは，林間のように幅の狭いところを下ったりするのに有効な技術である。また，コブ斜面も，コブとコブの間が予想以上に狭いため，小回りターンの出番が多くなる。

今迄述べた普通のターンや，大回りのターンと，基本的には同じ原理である。とは言っても意識はずいぶん変る。大回りでは知らず知らずにうちに，腰はずいぶんカーブの内側を通るようになり，その結果，膝を回すという意識は減り，膝も足と同じようにスキー側に近い方を通過するようになってきたはずである。

しかし小回りターンでは，エッジングの際，低速の場合のように，再び膝の位置がスキー側の反対側になるように膝を回すという意識も持つ。これにより，短い周期でのターンが可能となる。さらに，カーブ終了手前に受ける雪からの反発力を利用して，膝の捻じれを逆に向回転すると，周期は一層短かくできる。

重心がほぼ真っ直ぐ移動するようになるため，重心がスキーを越える際にエッジを切り替えるクロッシングの概念が強くなる。

1.8　日頃の練習

以後の各章で明らになるが，重心は靴からスキーの板に垂直な線上になければいけない。回転の際も，スキーの板に垂直な線の上になければならない。これを確認するもっとも簡単な方法は，荷重点が足の土踏まずのところに来ていればよいことになる。エッジを掛けているときも，同じであるが，荷重点は両足の間にくる必要がある。荷重点が両足の間でないと，横に転んでしまうので，これは余り意識する必要はないかも知れない。しかし，回転の内側にエッジを掛けている必要がある。例えば右旋回するときには，両足共，足の右縁に乗っていなければならない。

荷重点の位置は足の裏で感じるのがもっとも簡単であり，かつ自分で計測できるという利点がある。長いスキーを装着しているとその感覚が鈍くなるが，裸足では簡単である。

荷重点がつま先より先，あるいは踵より後にあると，安定に立つことはできない。この範囲内で，荷重を前から後へ移動していくと，つま先荷重から踵荷重までを足裏感覚によって，連続的に理解することができる。

さて，まずは裸足で，軽く膝を曲げて立ち，上半身をやや前に傾け，両足共土踏まずに荷重点が来るようにする。続いて，膝を右に入れ両足共，土踏まずの右側に荷重点が来ることを確かめる。膝を左に入れて，土踏まずの左側に荷重点が移動したことを確かめる。これを繰り返し，さらに回転をイメージする。

同様の作業をスキー靴を這いて行う。さらに，スキーを付けて行う。スキーを付けると，荷重を多少前後して，靴の裏から外れても，きちんと立てるが，なるべく，荷重点を意識できるように心掛ける。最後に，滑りながら荷重点の位置を意識する。特に，最大傾斜から回転の最後に至るところで，荷重点が後へ移動しないように意識することが大事である。また，横滑りが発生しやすい場合には，膝を深く入れて，エッジング荷重を少しずつ強めていく必要がある。また，怖いため回転内側のスキーに乗りやすい。左右の荷重が同等，もしくはやや外足荷重になるような調整も必要である。これを毎回繰り返すことで，安定した滑りが完成していく。

第 2 章

雪面に立つ

スキーやスノー ボードの科学を議論するには、人体や板にかかっている力や加速という概念について正確に理解する必要がある。力学を正確に理解し、覚えている人には何でもないことであろうが、多くの人には慣れない概念であるので、ステップ バイ ステップで説明しよう。

まず、静止している人体について述べよう。さらに、前方荷重とか後方荷重などの安定性について調べ、力の基本法則について学ぼう。

2.1 ニュートンの法則

まず、力に関する**ニュートンの法則**（Newton law）(運動の三法則) を記載しておこう。

1. **等速度運動の法則**（law of uniform velocity motion）: 力が加わらないとき、物体は等速度運動を行う。この法則は、第二法則の一部として扱うこともでき、力学の議論の土台を提供しているのであるが、本書では無視してかまわない。
2. **加速度の法則**（law of accelaration）: 力が加わると、それに比例した加速度を受ける。その場合、m を質量、$\mathbf{a}$ を加速度ベクトル、$\mathbf{F_i}$ を力のベクトルとして、次式が成立する。
$$m\mathbf{a} = \mathbf{F} = \sum_{\mathbf{i}} \mathbf{F_i}$$
3. **作用-反作用の法則**（law of action and reaction）: 物体が別の物体に力を与えると、同じ大きさの逆向の力を受ける。この二つの力は、互いに作用と反作用と呼ばれる。どちらが作用で、どちらが反作用という区別はない。

力（force）は、大きさと方向を持ち、また**作用点**（point of action）がある。また、作用点を通り力の方向を持つ直線上の異なる点に作用点を移動しても、力の及ぼす効果は変らない。**質量**（mass）とは、力に対しどのくらい加速しないで頑張れるか、の程度を示す定数である。質量の単位は kg であるので、ああ、**重さ**（weight）、あるいは**重力**（gravity）かと思う人も多いだろうが、厳密に言うと、重力の単位は N という力の単位を持ち、明かに異なる概念である。重力も質量に比例して強くなる結果、質量が大きい物は重さも重く見えるのである。しかし、スキーの力学では、重い物は質量が大きいと単純に理解してもらって何ら問題はない。

なお、第一法則は、第二法則で $F = 0$ とした場合の特殊なケースのように見えるが、実は議論をする土台となる慣性系が存在することを言っているのだという解釈もある。いずれにせよ通常の力学の議論では、現わに使われることはない。

第二法則から、静止系では、ある物体に働いているすべての力の和は 0 となる。これを力が**平衡**（balance）しているという。このことから、物体に二つしか力が働いていない場合には、この二つの力は大きさが等しく方向が反対となる。

第三法則の作用-反作用の力も、大きさが等しく方向が反対であるため、よく力の平衡と混同されがちであるが、この二つの現象ははっきり区別して理解しなければならない。作用-反作用というのは力及ぼし合っている二つの物体に対して成立する事実であり、作用力と反作用力はいかなる場合でも同じ強さで方向が正反対であることをよく理解して欲しい。一方、平衡とは一つの物体に対して成立する事象であり、その場合、その物体は未来永劫、静止し続けるか、一定速度で動き続ける。「一つの物体に働く力は平衡していなくてもよい。」つまり総和は 0 でなくてもよい。ただ、その場合には物体はどんどん加速していくことになる。

2.2　平地に静止しているスキーヤーの力

まず**平地**（flat ground）で止っているスキーヤーの人体と板の系に働いている力について、議論しよう。スノー ボードの場合もほとんど同じであるので、異なるところだけを本節の最後で述べることとする。スキーの板に立っているだけのスキーヤーにはどんな力が働くのであろうか。まず、誰でも考えるのは重力である。その他、雪を踏み締める力なども考えられる。

実はもっと沢山の力が働いている。力学の議論をするには、システムを構成しているすべての要素ごとに、その要素に働く力をしらべなければならない。人体に働く力、スキー板に働く力、雪に働く力、といった具合である。いや、人体は、少なくみても、頭、上半

身、上腕、下腕、手、上腿、下腿、足などの要素を持つから、それぞれの要素に働く力をみなければならない。現実的には、相互に位置関係が移動しない要素はまとめて議論することができる。正直言って、議論ごとに、もっともよい数の要素に分離する。

静止したスキーヤーの人体と板の系については、人体がその形を維持していることから、人体全体を一つの要素としよう。つまり、この場合の要素は、人体、スキー板、雪である。二つの要素間に力が働く場合には、**作用-反作用の法則**（law of action and reaction）が成立する。**ニュートンの法則**（Newton law）(運動の三法則) の第三法則は、引っ張り合う場合でも、捻じり合う場合でも、いかなる場合でも成立する。いずれの力も**作用**（action）と呼ぶことができるが、その場合、その対になる力は**反作用**（reaction）と呼ばれる。

力の働いている点は**作用点**（point of action）であるが、二つの物体が接触して力を及ぼし合っている場合、作用-反作用のいずれも同じ作用点に働き、向きは反対向きとなる。スキーやボードの力学で、唯一の例外は**重力**（gravity）である。これは、地球とあらゆる物体間に働く力で、通常の力が近接力と呼ばれるのに対し、遠達力と呼ばれ、直接、接していなくても働く力である。人体に働く重力は、地球と何ら接触していなくても、人体の**重心**（center of gravity）に働く。一方、その反作用は、もう一つの要素である地球の重心に働く。引力であるので、人体の重心には地球方向を向いた力が働き、地球の重心には人体方向を向いた力が働き、これらは二つの重心を結ぶ線上に来る。本書で扱うこの他の力は、すべて二つの要素の接点を起点とする力となる。

静止したスキーヤーである人体と板と雪面の系に働くすべての力を描くと、**図 2.1** のようになる。[*1]本当は、板は雪面に置かれており、スキーヤーは板に乗っているのであるが、力を見易くするために、これら三つを意識的に分離して配置している。計 5 個の力がベクトル (長さと方向を持ったもの) という形で示されている。

人体には、重力が働く。人体は**土踏まず**（arch）付近で板を踏み付けるが、それは、スキー板が人体から受ける下向きの力であり、作用点はスキー板のコア センター (ブーツの中央に対応) 付近である。また、板は雪を上から押し付けるが、それは、雪面が板から受ける下向きの力であり、作用点はスキー板のコア センターの真下となる。

これらには作用-反作用の関係となる向きが反対で等しい力が働く。人体がスキーを踏み付ける力の反作用として、人体はスキーから、土踏まず付近を作用点とする上向きの力を受ける。スキーが雪面を押す力の反作用として、スキーには雪面からの上向きの力が働く。一つだけ残されたのが、人体の感じる重力の反作用である。元々、人体が感じる重力

[*1] 図で用いているモデル人形については、付録を参照のこと

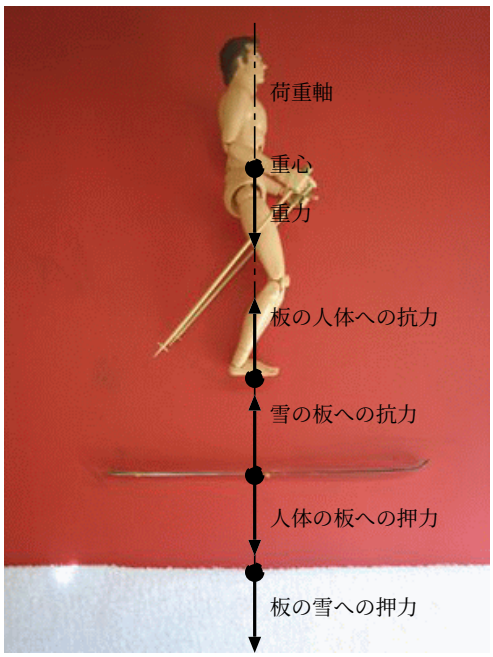


図 2.1　平地で板に立っている場合の力 (人体とスキー板と雪面を分離して配置している)

は、人体と地球が引力により、相互に引き合っている結果である。つまり、重力の反作用は、地球の中心が人体に引かれる力である。これら作用-反作用の力は互いに大きさが等しく向きが反対なだけでなく、作用点も含め、同じ線上に並ぶ。

ここで、人体の重心の位置がどこにあるかを述べておこう。人体の重心は高さで言うとへそから数 cm 下付近と言われている。鉄棒で、スキーのように足を曲げて、前回りにも後回りにもならないのは、その辺で支えているときなので、この点から大きくずれることはないだろう。ちょっと考えるともっと上に来そうであるが、胸の中はほとんど空であることと、腰には重い腰骨があり、さらに大腿部の重みを若干考えるとそんなにおかしくない位置であろう。前後方向には、鳩尾のちょっと内側を通る荷重軸上になる。スクワットのような極端な形をとって臍の位置をかなり後にしても、鳩尾付近は概ね足の土踏まずの真上に来るので、この推定も正しいと思われる。重心の位置は、より厳密には姿勢に依存する。

重心の前後の正確な位置は、以後に述べるように、足の裏で感じる方がよいかも知れない。靴や板の影響も考えるべきであろうが、体重の 1/10 程度であり、大局的には無視してよい。

次に各要素ごとに、かかっている力を検討してみよう。人体にかかる力は、地球からの重力と板からの押す力である。ニュートンの法則の第二法則によると物体にかかる力の総和によって、その物体は加速度を持つ。静止しているということは加速度が働かないということなので、逆に力のベクトルとしての総和は 0 でなければならない。つまり、重力と板から押す力は、大きさが等しく方向が反対でなければならないことが導かれる。また、これらの二つのベクトルが同じ線上にないと、人体を回転する回転力 (トルク) を発生することが知られている。つまり、人体を回転することになる。静止しているということは回転力もないことになり、人体にかかる二つの力は同一線上に並ぶことになる。

同様に、板には人体が板を押し下げる力と、雪面が板を押し上げる力の二つが働くが、板が動かないことから、この二つの力は大きさが等しく向きが反対で、かつ同一線上に並ぶことになる。実際には、雪は板の全面にわたって力を及ぼす。その合力の作用点が、人体が板を押し下げ力の真下に来るのである。

雪 (地球と言っても良いだろう) には板が上から押し下げる力と、地球中心に働く人体の引力が働くが、これらも大きさが等しく向きが反対で、かつ同一線上に並ぶことになる。この場合も、板が雪を押す力は板全面に分散しているが、その合力の作用点が、地球中心に働く力の真上に来るのである。

まとめると、向きは色々であるが、すべての力が同じ大きさで、同一直線上に載っていることになる。人体が板を押すことを**荷重**（weighting）という。また、板を押す力の作用点を通り、板を押す力のベクトルの方向をとる線を**荷重軸**（weighting axis）という。つまり、5 個の力が載っている直線が、この荷重軸である。詳細は後の章で述べるが、動的な場合でも、横から見た場合、荷重軸は必ず板と垂直になる。

似たような言葉で**体軸**（body axis）というのがあるが、体軸は、重心を通って上半身の長手方向の軸という意味で使われる場合と、重心と土踏まずを通る軸という意味で使われる場合の両方があるようである。いずれにしても、人体の形状で決まる軸であるが、本書では重心と土踏まずを通る軸と定義する。

荷重軸が板と交わるところを**荷重点**（weighting point）という。荷重点は板のかなり広い範囲を動き得るが、滑走中でも、前後は前足の爪先から後足のかかとの範囲、左右は両方のそれぞれの靴の中心線の間になるのが望ましい。これから順に述べていくが、この範囲を逸脱すると、転倒したり、大きな筋肉疲労に繋がる。

すべての力が最初から等しい大きさを持つのはちょっと納得がいかないかも知れない。議論を簡単にするために、人体とスキーをまとめて一つの要素としてしまおう。仮に、雪の抗力が最初は 0 だったとしよう。すると人体と板に働く力は重力だけなので、加速度の法則により人体と板は地面の方へ動き始める。板が雪に潜り込んでいくと、徐々に雪の抗

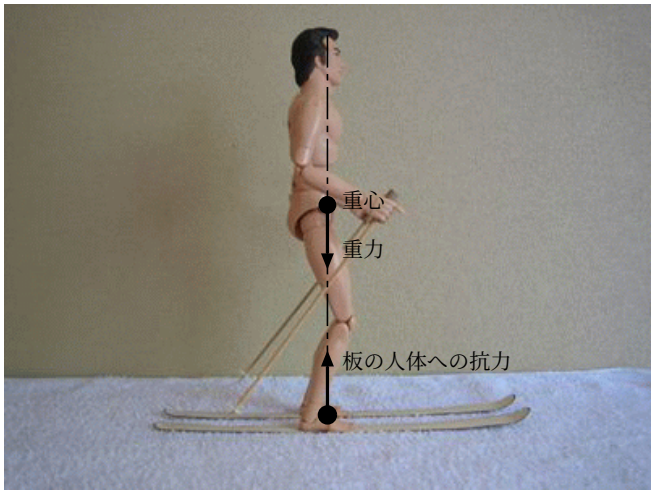


図 2.2　平地で板に立っている場合の人体に働く力

力が生じてきて上向の力が働きだし、まず板と人体は上向きに加速されるというか、下向の速度が減ってくる。この下向きの移動が停止するのは、板が雪に潜り込んで、雪の上向きの抗力がちょうど重力と等しい大きさになるときである。つまり、これらの力は移動の結果変化し、停止したときに結果として、等しい大きさを持つのである。

色々な力が方向は異なるものの、同じ大きさになることから、今後は人体にかかる力だけで議論を行なおう。動的な場合には、人体にかかる重力と板が人体を押し上げる力は相殺し合わない。しかし、その他の力は概ねこの二つの力と同じ大きさを持つことがわかるので、この二つの力が最も重要となる。**図 2.2** に、人体に働く力だけを示した。

ボードで平地に立っている場合も、今迄の議論はまったく変らない。人体と板が両足で接触しているところだけが、大きく異なる。この場合、板からの力は、二つの足にほぼ均等に、半分ずつとなり、そのベクトル的平均をとると、両足のほぼ中間点がスキーの場合の土踏まずに対応し合計は、重力の大きさを持つ上向きとなる。実はスキーの場合も厳密に言うと、左右二本の足があるので、ボードの場合と同様に、二つの足に半々に力がかかり、平均は両土踏まずの中点となる。

なお、以上述べた力の中で、人体が自分で意識する力、つまり人体が主観的に自分で力を出しているなと思う力は、人体が板を押す力である。これは板が雪面を押す力であり、同時に、その反作用である板が足を押す力、つまり雪の抗力になっている。本書に限らず、スキーやスノー ボードの緒書にこうした力の記述が多く見られるのは、もっとも重要な力であるからであろう。

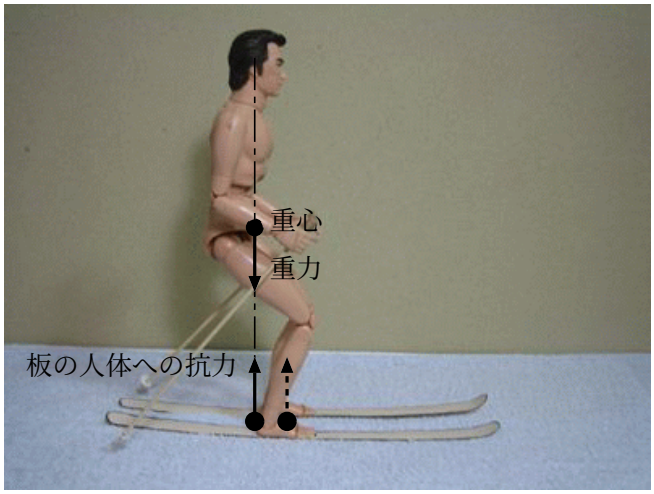


図 2.3　後方荷重で頑張っているときの力

2.3　スキーで雪面に立つのは何故難しいか

この節は、前方荷重とか後方荷重といったスキーのような板に載った際の特有な概念について述べる。両足を前後に開くボードでは余り関係ないかも知れないが、ここで述べる前方荷重とか後方荷重といった概念は、ボードでも重要な概念であり、ボーダーもぜひ読んで欲しい。

スキーで、少しバランスを崩して重心をやや後へ移動してみよう。つまり、脚を少し後ろ向きに倒した姿勢をとってみる。もし、足首や脚部に力を入れて、尻餅をつかないように固くしている場合を考えると、上半身と脚とスキーを一つの要素として扱ってよい。この塊は動いたり回転したりしないことから、この時雪面からスキー板に働く力は、**図 2.3** に示すように、重力と同じ線上にあり重力と同じ大きさで反対の方向を持つベクトルとなる。

板が雪面を押す力は、雪面が板に及ぼす力の反作用であるので、重心の真下になる。つまり、荷重軸は土踏まずからスキーの後方に移動するが、力の向きは鉛直に保たれる。こうした荷重は**後方荷重**（backward weighting）と呼ばれる。

このとき板に働く力を考えてみよう。まず、雪の抗力は板の底部に一様な分布となる。この分散した力の合力は、図破線のベクトルが示すように、板の中央付近を作用点とする力となる。これら二つの力は板を縦方向に回転しようとするトルク (力のモーメントとも

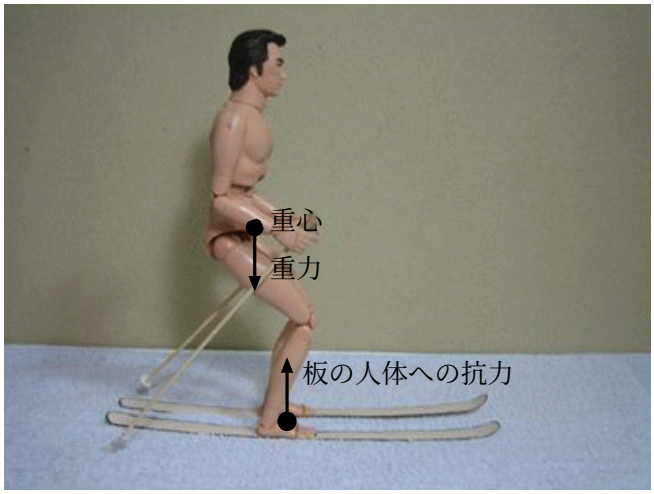


図 2.4　後傾で倒れるときの力

いい、押したり引いたりするだけでない相手を回転させる回旋力) になり、スキーのテールはやや沈み、トップはやや浮き上がる。雪の抗力は、押される量に比例するから、雪面からの前部の力は弱まり、後部の力は強まる。最終的には合力の作用点は後へ移動し、図実線のベクトルのように、丁度人体の体重による作用点と一致するところへ移動して、安定する。

当初、足首や膝には大きなトルク (回旋力) がかかることになるが、例えば足首が、このトルクに負ける場合を考えよう。まず、**図 2.4** のように、人体には重力と板が足を押し上げるような力が働く。この二つの力の作るトルクによって、人体は反時計回りに回転を初める。この際、スキーは雪面から摩擦を受けず、かつ十分軽いので、重心は真っ直ぐ下へ落ちる。この結果、腰は落ちていき、足はスキー板を押しながら前へ出ていき、後方荷重は益々強まる。足はブーツを履いているので、ある程度で足首は固定されるが、多くの場合、この回転の慣性によって、次は膝が負けてしまい、膝から上の反時計回りの回転運動は継続し、人体は尻餅をついてしまう。この解析から分かるように、足とスキー板が自由に接続されていると、足は重心の真下にない限り何の支えにもならないのである。

初心者のうちは、無意識に、スキーは動かないものという前提で、姿勢の回復を図ろうとする。もしスキーが動かないとすると、重心は足とスキーの接続点を中心に円状に動くような加速を受ける。上半身は重力 mg の円の接線方向の成分に比例した分だけの加速を受ける。この値は極めて少ない値である。この加速は $\sin\theta$ に比例するので、少なくとも倒れ始めにはほとんど加速を受けないことは確かである。一方、真下に自由落下する場

合には mg の加速を受けるので、この二つには、方向も含め、大きさに大きな差がある。これが理由で、初心者がスキーで雪面にきちんと立っているのは難しいのである。

馴れてくれば、膝や腰の筋肉をうまく使うことにより、この逃げ出していくスキーにうまく載ることが可能である。一番簡単な方法は、バランスを崩したとき、まず膝や腰を硬くするだけという、信じられないほど簡単な技術である。スタートする電車の中でバランスを崩した場合、いくら足首や膝を固くしても、いとも簡単に倒れてしまう。何故、スキーだとこうした方法が可能なのかというと、スキーという長い履物を履いていることに起因する。固くすることによって、荷重軸は重心を通るようになるのである。そして、徐々に体を前へ移動していけば、再び、スキーの真上に乗ることができる。

逆にスキーが後ろに逃げ出して重心がやや前方に来たときには、膝を前に倒れないように緊張させれば、重心や作用点が前に行くだけで、転倒はしない。また、こうした荷重は前方荷重と呼ばれる。この場合も、いったん、体を固めてスキーの逃げ出しを抑えたら、速やかに足の位置を重心の真下、つまり荷重軸に載るように戻すのがよい。

この後方荷重でも前方荷重でもない荷重は**均等荷重**（equal weighting）、そのときの姿勢は**中間姿勢**（neutral position）という。スキーやボードでは概ね中間姿勢で滑っているが、ちょっとした凸部へ突入したときやターンの際には、軽い後方荷重や前方荷重が現われる。一般に、スキーの場合には、荷重点は足のかかとから爪先の範囲に入れるのがよい。このように制御された後方荷重は**かかと荷重**（heel weighting）、前方荷重は**爪先荷重**（toe weighting）と呼ばれる。また、制御を逸脱したときの姿勢は、**後傾姿勢**（backward leaning position）、**前傾姿勢**（forward leaning position）と呼ばれる。

中間姿勢はもっとも疲労が少ない姿勢である。長いことスキーをすると、太股上部の筋肉痛が発生するのは、滑走中、後傾姿勢が続いている証拠である。中間姿勢を保つこと、つまり荷重点が土踏まずを通過するようにするのは、静止していようと、滑走中であろうと、どんな複雑な状況でも重要なことである。特に土踏まずの中心付近に荷重軸が通るようにすると、前後に余裕ができ、多少の重心の移動に対しても抵抗力が強くなる。土踏まずに体重を載せることは、実はあらゆるスポーツの基本であり、疲労が少なく、かつ俊敏な動作を行なうことができるのである。この条件が成立しているかどうかは土踏まずに意識を持ってくることで簡単に確かめることができる。

特に、ターンの際は、親指付け根の**拇指球**（thumb ball）または**拇指丘**（thumb ball）と呼ばれる膨らんだ箇所を意識するとよい。拇指球で雪面を押している意識が持てればスキーにうまく乗れているのである。無論、ターン中には、ある程度、後方荷重や前方荷重になることはあるだろうが、自分で拇指球を意識して、こまめに荷重の掛け方を変化しながら、なるべく正しく載るように努力するのがよい。

スキー靴はやや前傾して作られているため、荷重点が拇指球のあたりになるように立つと、膝がどうしても曲ってしまう。これは、スキー靴の形が、滑走中の姿勢を前提にしており、雪面の凸凹から来る振動を吸収するのに最適な姿勢となっているのである。普通の靴でやや急な坂を下る際と同様な姿勢である。

なお、ボードでは両足の間が拡がっているため、こうした前後の重心移動に伴なう不安定性は発生しない。しかし、滑走中に重心が後に移動すると、ターンが難しくなるなどの問題が発生するため、平地でも両足均等荷重に努めて欲しい。

ちょっと、トルクについて言及しておこう。互いに相対位置の変らない質点の集合を**剛体**（rigid body）という。ようするに、変形しない物体である。この各点に力を与えると、剛体は全体として加速しながら、かつ回転を加速していく。

この際、回転の加速度を誘導するのは力ではなく、**力のモーメント**（moment of force）、あるいは**トルク**（torque）と呼ばれる回旋を誘起する力である。

$$\mathbf{N_i} = \mathbf{F_i} \times (\mathbf{r_i} - \mathbf{r_g})$$

ここで $(\mathbf{r_i} - \mathbf{r_g})$ は重心から力の作用点を見たベクトル、$\times$ はベクトル積を示す。式は一見わかりずらいかも知れないが、要するに、重心から作用点までの距離に力のベクトルの回転方向の成分を掛けたものの合計がトルクとなる。これは、挺子の原理を言っている。同じ大きさの力でも、遠くでかけると大きな効果を表わすことを示している。剛体に複数のトルクが働くと、回転加速度が生じる。

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = \mathbf{N} = \sum_{\mathbf{i}} \mathbf{N_i}$$

この関係は、ニュートンの第二法則に似ている。ただし、位置の加速度ではなく角度の**角加速度**（angular accelaration）になっていることと、質量 m の替りに I なる量が入っている。I は慣性モーメントと呼ばれる量であり、次式で定義される。

$$I = \sum_i m_i(\mathbf{r_i} - \mathbf{r_g})^{\mathbf{2}}$$

これは、回旋に対する質量のようなものであり、トルクに対しどれほど回旋加速度を受けないで頑張れるかを示す定数である。剛体がいくつかの質点で構成されているとき、重心から各質点までの距離の二乗に比例した重みで質量を加算したもので定義される。周辺に重さがあるほど、大きな値をとる。

これらの式は、すべてニュートンの第二法則から導かれる。ニュートンの法則の素晴しさを感じるところであるが、先に進もう。先に**図 2.4** で「板が人体を下から上に押し上げる力の作用点は、荷重軸とずれているので、人体に半時計回りの回転を与えようとする」と述べた。これは、板から人体にかかる力が、この作用点と重心を結ぶ線に垂直な成分を持っていることから人体という剛体を回転させるトルクを持っていることを示す。その結果、人体は回転を始めるのである。

人体の慣性モーメントについて述べよう。定義から明かなように、慣性モーメントは想定する回転の軸によって、値が異なる。人体の上半身を長手方向を回旋軸、つまり体軸に対して回そうとすると、半径 25 cm 弱で質量 60 kg ぐらいの円筒と考えられることから、慣性モーメントはおよそ 60 kg$\times$ $(0.25\ \mathrm{m})^2 = 4\ \mathrm{kgm}^2$ ぐらいと推定できる。一方、上半身を前後あるいは左右に振るような回旋ではこの円筒の長さの半分である 70 cm 弱が効いてくるので、慣性モーメントは約 25 kgm^2 ぐらいとなり、軸の周りの慣性モーメントの数倍以上もある。しかし、こうした方向の回旋運動はスキーのトップを少し押したり、テールを少し押したり、エッジを少し押すことで簡単に制御できるので、スキーの力学で問題になることは少ない。

とは言え、体軸の周りの慣性モーメントも決して無視できない。特に、ターンの場合に効いてくる。これをうっかり回してしまうと、回旋が止らなくなり、反対側のターンで悪さをしたりする。このため、特に周期の短かいターンでは、上半身はあまり回旋しないようにするのが普通である。

次にスキーの慣性モーメントであるが、スキーの長軸を軸とした回転モーメントは、まったく無視できる。一方、先端を左右に振るとか、上下に振るような体軸を回旋軸とするトルクは必ずしも無視できない。スキーは軽いので、質点としては無視できるが、この軸の慣性モーメントは 5kg ぐらいが、50cm ぐらいのところにあるので、1 km^2 ぐらいなので人体の長軸に関する慣性モーメントに対して、必ずしも無視できない。例えば、空中でスキーを振ると、反動でスキーの振り角と同じぐらい上半身が振れてしまうのは、良く経験することである。なお、慣性モーメントの値は、軸からの長さがちょっと変るだけで、大きく変化する。人体の場合、体格に大きく依存する。またスキーの場合も、板の形状に大きく依存する。ボードは慣性モーメントもはるかに少なく、ボードの振りの反動は少い。

なお、参考のために言うと、トルクと角加速度の関係は、厳密にはトルクと角運動量の時間微分の関係である。スケーターの行なうスピンターンのように、手を拡げたり縮めたりするような場合には、回転を変えるトルクは働かないので、角運動量はほぼ一定となる。つまり $I\omega$ が一定となる。手を拡げていると回転モーメントは大きく、縮めると小さ

くなるので、角速度は逆比例で低い値から高い値へと変化することとなる。

最後に一言。日本語では回転というと、進行方向をどんどん変えていくターンを意味することもあるし、フィギャースケートのスピンのように重心を通る軸の周りの回転を意味することもあり、混乱しやすいので、本書では前者はターン、後者は**回旋**（spin）という別の用語を用いて区別することにする。

2.4　本章のまとめ

スキーやボードの板がフラットに置かれていると、荷重軸は地面に垂直、つまり鉛直になる。そこで、荷重軸と板との交点である荷重点の位置で議論することができる。分布した雪の抗力の配分が自動的になされることにより、雪面から板、板から人体、およびこれらの反作用はすべて、荷重軸上に作用点を持つ。スキーの場合、荷重点を土踏まずの辺にするのが、もっとも安定でありかつ疲労が少ない。しかし、荷重点が土踏まずの範囲を出てしまっても、膝や足首が強い力を出せば転倒はしない。

第 3 章

直滑降

もっとも簡単な運動状態である直滑降について、加速中の力のかかり具合を見てみよう。この結果、**鉛直** (重力の方向) に立つと後方荷重になることが示される。また安定に滑るには、板に**垂直** (直角) に立たなければならないことが示される。

3.1 直滑降

初級や中級の斜面によくある比較的平らで一定斜度の斜面を**フラット バーン**（flat bahn）という。また、斜面に沿った斜度のもっともきつい方向を、**フォール ライン**（fall line）、あるいは最大傾斜方向と言う。こぶ斜面のように斜面が凸凹している場合には、細かい凸凹を無視した大きな視野から見た下向の方向を指す。

さて、フラット バーンでフォール ラインの方向に真っ直ぐ**直滑降**（schuss）することを考えよう。このとき板や人間にかかる力を静止座標系で見ると**図 3.1** のようになる。まず、人間と板とを一体して考えよう。人間の重心には重力が働く。また、摩擦がほとんどないので、雪の抗力は、雪面に垂直になる。重心に働く力はこれですべてである。重力は重心を通るから、トルクを発生しない。残る雪の抗力がトルクを発生しないためには、抗力が重心を通る直線上になければならない。つまり、重心から雪面に下した垂線の足に抗力の作用点があればよい。この垂線が荷重線となることは明かであろう。

足を荷重線と板の交点である荷重点に置くかどうかは、人間次第である。前によったり、後ろに寄ったりしうる。板が人間を押す力も、またその反作用である人間が板を押す力も、この荷重軸上に載っているから、足が前過ぎても、後過ぎても、つらくなることは、前章と同じである。前者は**後傾姿勢**（backward leaning position）であり、後者は**前傾姿勢**（forward leaning position）である。望ましいのは**土踏まず**（arch）の辺りで踏むこと

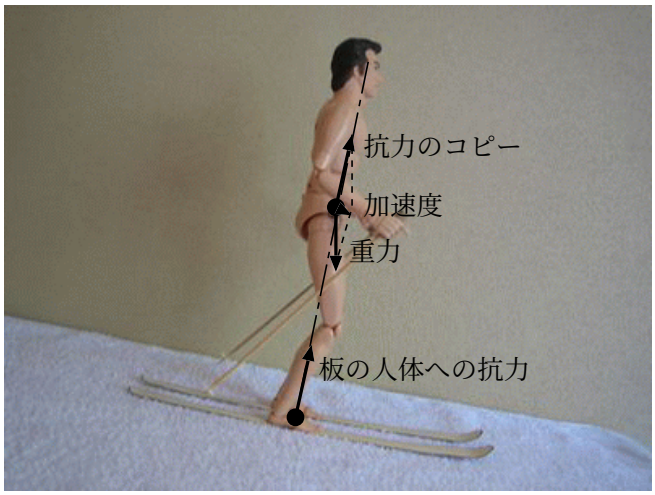


図 3.1　直滑降での力

である。ボードの場合には、力の軸は、両足の中心を通るのが望ましい。

ここで再び、荷重軸は**鉛直**（vertical）ではなく、重心を通る雪面に**垂直**（normal）な線になっていることを十分理解して欲しい。繰り返すが、鉛直とは地面に垂直な方向であり、垂直とは雪面またはスキー板に垂直なことである。このことはボードでもまったく変らない。ボードの場合にも、荷重軸は重心を通り、雪面に垂直となるので、両足を、ほぼその両側に対称な位置に置くのがよい。

これで人間と板全体にはトルクは働かなくなったが、力の総和は 0 とはなっていない。力の総和を見るには、すべての力を重心のところへ持ってくるのがよい。図には、板の底に働いている雪の抗力と、それを重心の位置までずらしたものとの両方が描いてある。元の力の作用点は言うまでもなく、板の底であるが、総和を見るときだけ、力のベクトルを重心のところまで移動するのである。この総和はどう工夫しても 0 にはならない。

重力ベクトルを板垂直成分と板平行成分に分解してみる。板垂直成分と雪の抗力の大きさを等しくすることにより、重心が雪と平行に移動するようにすることができる。しかし、板平行成分はどうやっても 0 にはできない。これが 0 でないということは、重心は雪面に平行、つまりフォール ライン方向に加速されるということになる。

重心を最大傾斜方向に引っ張る力は、重力の最大傾斜方向成分だけであるので、斜面の角度を θ とすると、$mg\sin\theta$ となる。

$$m\frac{d^2l}{dt^2} = mg\sin\theta$$

ここで l は斜面方向の移動量である。上式より、斜面方向の加速度は $g\sin\theta$ となり、$t=0$ で滑り出したとすると、斜面方向の移動量は次式で与えられる。

$$l = \frac{1}{2}g\sin\theta t^2$$

当り前であるが、斜面が急なほど、加速は早くなる。

この節のポイントは、重心を足 (ボードの場合には両足の中心) から見て、雪面あるいは板に垂直の位置に置のがよいということである。初心者のうちは恐いから、足の鉛直方向真上の位置に持ってきたくなる。しかし、そのような場合、重心を通る荷重線は足の後を通るようになり、ちょうど**図 2.3** の止っているときに後方荷重で頑張っているのと同じような力関係となる。いわゆる後傾姿勢であり、尻餅を着きやすくなる。初心者が直滑降で簡単に尻餅をついてしまうのは、ここに原因がある。スノーボードの場合には後足荷重となる。スキーとは異なり、さすがに尻餅は着かないが、ボードの操作性が極めて悪くなる。

3.2 慣性力

これまでは外部から見たスキーにかかる力を論じてきたが、スキーヤーと一緒に動く座標系 (座標軸の回転はないとする) の上で論じることもできる。詳細は省くが、動く座標系の原点の加速度を $\mathbf{a_0}$、その座標系に乗った人が感じる質点の加速度を $\mathbf{a}'$ とすると、ニュートンの第二法則だけが次のように変更されることが導かれる。

$$m\mathbf{a}' = \mathbf{F} + \mathbf{ma_0}$$

スキーヤーの重心と一緒に動く座標軸で観測すると、$\mathbf{a}' = \mathbf{0}$ および $\mathbf{a_0} = \mathbf{a}$ なので、次式が成立する。

$$\mathbf{F} + \mathbf{F_a} = \mathbf{0}$$

ただし、$\mathbf{F_a}$ は次式で与えられる。

$$\mathbf{F_a} = -\mathbf{ma}$$

この $\mathbf{F_a}$ を**慣性力**（inertia force）と呼ぶ。重心と一緒に移動する座標系では、元の力と慣性力の総和が 0 になるのである。外から見たら、力の総和が加速を作り出し、内から見たら、慣性力も含めて力の総和が 0 になるのである。

慣性力は静止系で見ると仮想的な力であるが、質点と一緒に動く系で観測すると実際に観測できる力となる。質点の運動と一緒に動く系を**慣性系**（inertia system）と呼ぶ。慣

性系では質点は静止しており、加速度は観測されない。その替りに慣性力が観測されることになるのである。例えば、電車が動き出すときには加速度は前方であり、$-m\mathbf{a}$ は後方を向くため、電車に載っている人は後向きの慣性力を感じ、何もしなければ後へ倒れてしまう。同様に、電車が停車する際は $-m\mathbf{a}$ は後方を向き、前向きの慣性力が働き、何もしなければ前へ倒れることになる。

図 3.1 に示した直滑降の場合、図中「加速」と描かれたベクトルを反転して慣性力とすると、これと重力と雪の抗力の三力の合力は 0 となる。

3.3　摩擦のあるときの直滑降

なお、速度が上がってくると種々の摩擦力が働くようになり、やがて滑走は**終端速度**（terminal velocity）と呼ばれる一定の速度となる。この場合には**図 3.1** に示した力の関係は変ってくる。湿雪や緩斜面の場合には、雪面とスキーの間の摩擦が支配的になる。この摩擦力は板を進行方向後向きに引っ張る。これが徐々に体にかかる重力の最大傾斜方向成分と平衡するようになってきて、最後に加速がなくなり、一定速度で移動するようになるのである。

この際、**図 3.2** に示すように、雪の垂直抗力と摩擦力の合力は重心を通る必要があるので、結局、荷重線は雪面垂直からずれてくる。摩擦力と重力の最大傾斜方向成分が等しいことに着目すると、荷重線は丁度鉛直となることが導かれる。つまり雪面抵抗が上がる程、荷重線が立ってきて鉛直に近くなってくる。姿勢としてはやや後傾姿勢となる。荷重線が土踏まずを通るので、姿勢は後傾姿勢のように見えるが、意識は後傾ではない。荷重線を意識するよりは、荷重線と板の交点である荷重点を意識し、それを土踏まずの辺に持ってくる方がよいであろう。荷重点の位置は、足の裏の感触を磨くことで徐々にわかるようになってくる。ターンのような際にも、この感触による荷重点の意識が持てるようになると、腕前が確実に一段上がるので、留意して欲しい。

雪の滑りがよいときには、速度は空気抵抗によって抑えらえる。空気抵抗は全身に働くが、その平均が重心の付近にくると仮定しよう。そのとき、重力の進行方向成分と空気抵抗が平衡するところで、加速がなくなり一定速度になる。雪面抵抗が少いので、雪からの垂直力は重心を通る必要がある。**図 3.3** に見られるように、荷重軸は雪面垂直となり、重心はその線上となり、つまりは加速中と同じ姿勢でよくなる。このように、直滑降の姿勢は、摩擦に働く場所によって、変化する。これら二つの結果から想像できるように、摩擦の中心が上に行くほど、前傾姿勢が要求される。強い風が、前方より吹いてくるとき、多くの場合、足元付近は弱いが上半身には強く当る場合がある。このような場合には、摩擦

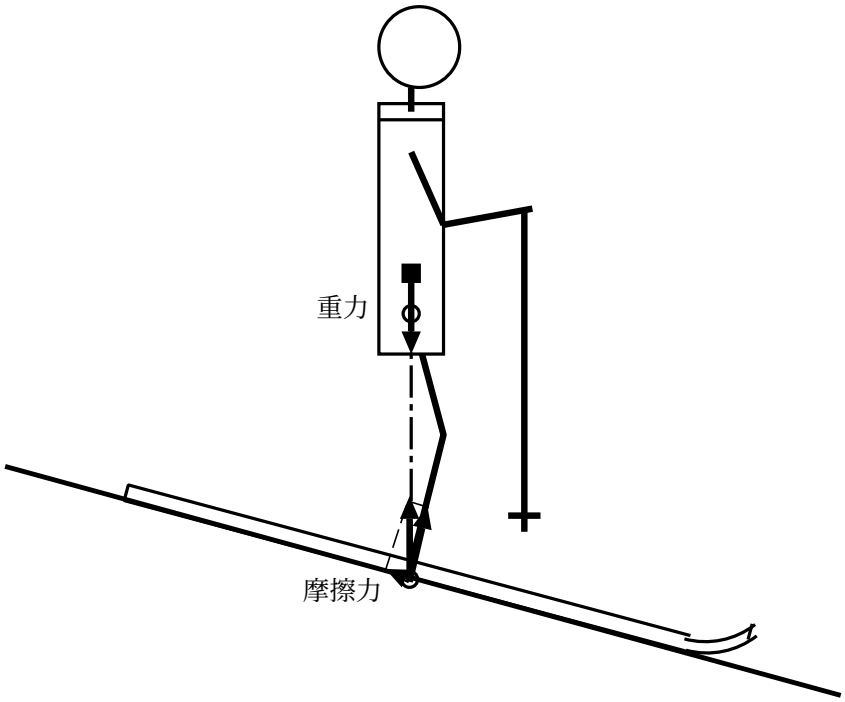


図 3.2　雪面抵抗が支配的な場合の滑走姿勢

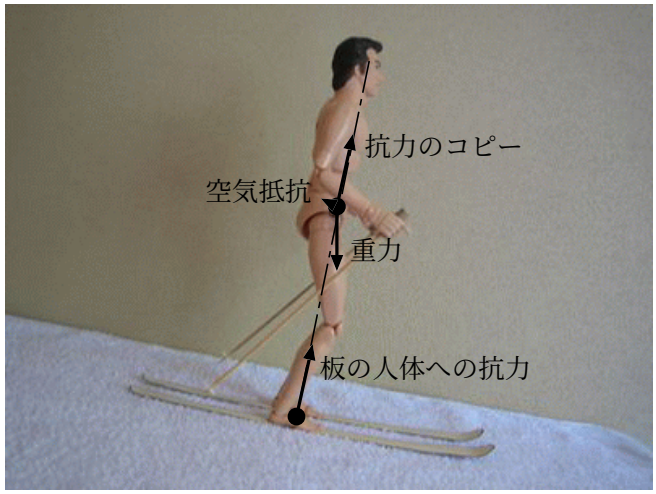


図 3.3　空気抵抗が支配的な場合の滑走姿勢

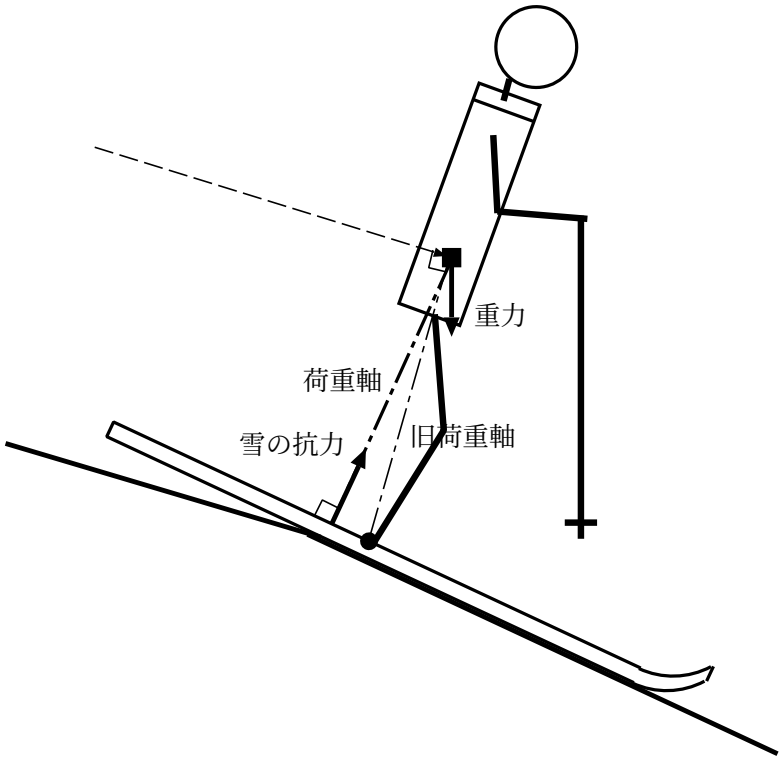


図 3.4　急斜面への突入

力の中心は**図 3.3** より高くなるので、前傾が必要となる。この場合も、荷重点を意識すれば、姿勢は自然に決定される。

3.4　先行姿勢

直滑降をしていて一番気になるのが、斜面の急変である。急に斜度がきつくなったり緩くなったりした場合の体の対応の仕方である。これを誤ると簡単に転んでしまう。

図 3.4 のように、斜度が急にきつくなった場合を考えよう。今までのように、ずっと同じ状態を解析するのではなく、途中で状態が変わるような問題では、厳密には運動方程式を解かなければならないが、簡単に理解するには慣性の効果だけを考えれば良い。つまり、変化点を過ぎてもしばらくは重心はそのまま今までと同じ速度で進もうとするし、板も脚部も同じ形で進もうとする。しかし、雪面は離れていくので、瞬間ジャンプ気味に空中へ飛出された感覚を味わう。足は元の荷重軸に沿って直ちに雪面を踏もうと努力するの

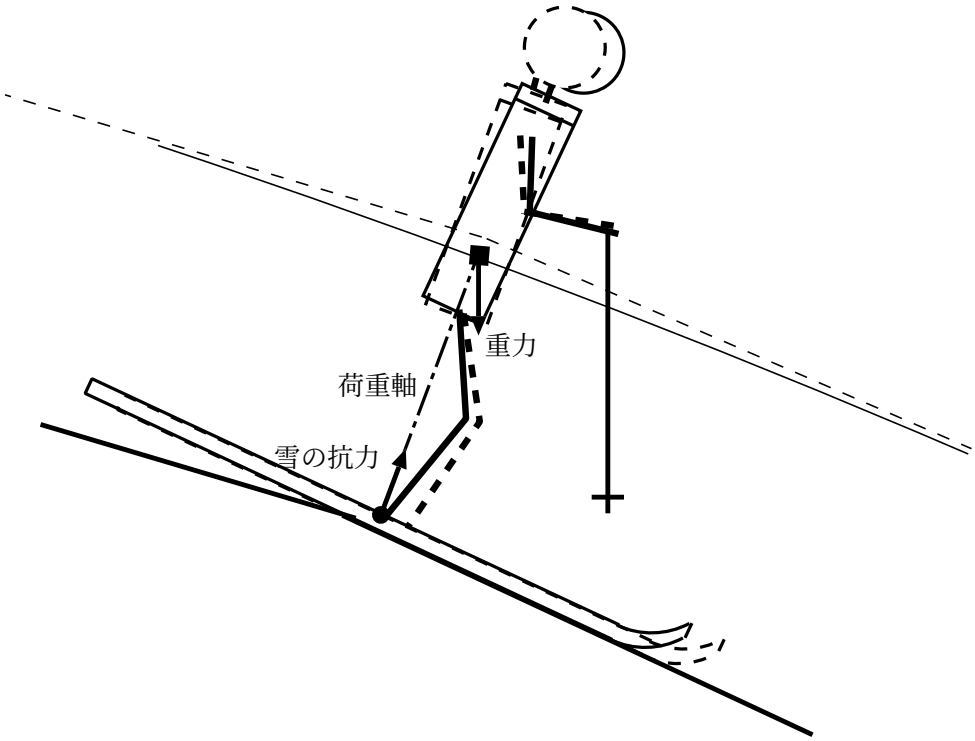


図 3.5　吸収と先落しで対応

で、図のようにほんの少し脚の延びた体勢となる。**図 3.4** ではやや強調されすぎているかもしれないが、変化点で、荷重線は元の荷重線から急激に後方へ移動する。このときの形は第 2 章で述べた後傾姿勢とそっくりである。つまり、足の位置が瞬間、重心の雪面垂線の足の位置より前方へ移動し、いわゆる後傾姿勢となり、スキーの場合には尻餅をつくこととなる。

これを避けるには、コブを越える瞬間に、二つのことを意識する必要である。

- 意識してスキーが雪面から離れないようにすること。
- 足首の角度が拡がるので、それを元の角度に戻すこと。

図 3.5 にこの二つの動作を反映した滑りを示す。前者については、重心がしばらく一定に進むため、重心と雪面の間の距離は徐々に伸びていってしまう。これを避けるために、コブに入る前に、重心を徐々に落としていき、コブを越える瞬間もっとも雪面に近付き、コブを越えると再び離れていくような重心の上下動が必要となる。これを積極的に行なう

と、滑走速度を落とす効果も出てくる。それを**吸収**（absorption）といい、後のコブ ターンのところで再度登場する。

後者については、直接的には重心を前に移動するのが良さそうであるが、人間には慣性があって、重心はある程度一定の速度で移動していくので、そう簡単には行かない。こうした場合には、足首が伸びてしまっているので、それを元に復元する。スキーは雪面に押し付けられているため、この動作の結果、スキーが後へ押し出され、足より後に落ちていた荷重軸は再び足を通るように復元する。この動作はしばしば重心を前に移動すると書かれることが多いが、スキーを後方に押すという方が正しい表現であり、また、実際にそうしようと意識する方が容易に動作できる。こうした二つの動作により、スキーがきちんと新しい斜面に乗ることを**先落し**（top lowering）とかテール上げとかいい、やはりコブターンで再度登場する重要な技術である。また、乗り込みという言葉も使われる。

変化点に入る少し前に、姿勢をやや低くし、コブを乗り越えたら直ちに板をやや後へ押す。あるいは、コブに入る前に板をやや後へ押しても構わない。こうした変化後の姿勢を事前に用意しておくことを**先行動作**（anticipation）という。

逆に斜度が緩くなるときには、何もしなければ、前のめりになり、かつ体が雪面方向に押し付けられる。そこで、事前にやや体を伸ばしておき、さらに変化点通過直後もしくは先行動作として、スキーを前に押すような動作をすれば対応できることになる。

湿雪のような重い雪に突入した場合は、板の進行に対して摩擦力が働く。荷重軸は雪面垂直から若干前方に移動する。したがってスキーを前に押すような先行 (動作) が必要となる。軽い雪から重い雪に突入したとたんに前のめりになるのは、この後傾姿勢への切換えが予測できないからである。逆に重い雪から軽い雪に出るときには、後傾姿勢をやめて、再び雪面垂直に重心を移動しなければならない。

いずれの場合でも、斜面や雪面の変化が予測不能に起きたときには、荷重軸が足のどのあたりにくるべきかを意識するとよい。荷重軸が後へ逃げたと感じたら、体をすぐに前に持ってくる (実は板を後へ移動する) ことにより、対応する。逆に荷重軸が前に移動した場合には、つんのめり姿勢なので、多くの場合、無意識に体を立て直す。頭で考えるよりは土踏まずを敏感にして、スキーの場合には土踏まず荷重を、ボードの場合には両足均等荷重を意識することである。

3.5　本章のまとめ

直滑降では空気抵抗や雪面抵抗といった僅かな抵抗の影響が出てくるまでどんどん加速が進む。直滑降で安定な姿勢は、板あるいは斜面に**垂直**でかつ重心を通る荷重軸が土踏ま

ずの辺りを通るような積極的な姿勢をとるのが良い。上半身を**鉛直**に近づけるような後傾姿勢であるとスキーの場合には足が掬われやすく、またボードでも操作性を失なう。また斜度がきつくなる斜面に突入するときには、事前に重心を落し、かつやや前傾姿勢とし、逆に斜度が緩くなる斜面に突入するときには、重心を上げ、かつやや後傾姿勢をとるような先行動作が必要である。さらに予測不能な状況変化に対しては、土踏まずを常に意識し、荷重軸をそこから逃さないように制御することが安定スキーやスノー ボードの上達に繋がる。

第 4 章

回転の力学

ターンのような体や板の回旋や回転を伴なう運動は結構厄介である。ターンしていると、仮に等速運動でも、何と加速現象があるからである。本章では、ターン時の力について説明しよう。

4.1　曲がりに伴なう加速度

まず、**速さ**（speed）と**速度**（velocity）の違いを述べておこう。速さとは文字通り単位時間当りの移動距離である。速度というと、これに移動方向も含めた概念、つまり**ベクトル**（vector）である。**等速**（constant speed）とは速さが一定なだけで、移動方向はどんどん変わってもよいが、等速度というと、等速でかつ方向も一定なことをいう。等速度運動の法則とは、力が無い場合に等速度運動をすることを示している。**等速直線運動**（uniform motion）といってもよい。

ベクトル（vector）という言葉を用いたが、ベクトルとは大きさと方向の両方を備えた概念である。したがって、加速度の法則は力の働いた方向に速度が変化していくことを示している。通常の直線的加速は直感的で分かりやすいのであるが、ややこしいのは**等速円運動**（uniform circular motion）のような場合である。

半時計回りに等速円運動している質点は一定の速さで円の上を回っているので、加速度はないと思われがちである。しかし、速度のベクトルは**図 4.1** 左にあるように、徐々により左を向くように変化していっている。そこで、速度のベクトルの変化の様子を調べるために、**図 4.1** 右に示すように、これらをコピーしたものを尻尾を揃えて並べてみると、その先端はやはり半時計回りに回転している。つまり、円運動で右端にいるころの速度ベクトルは徐々に左向きに加速されていることになる。

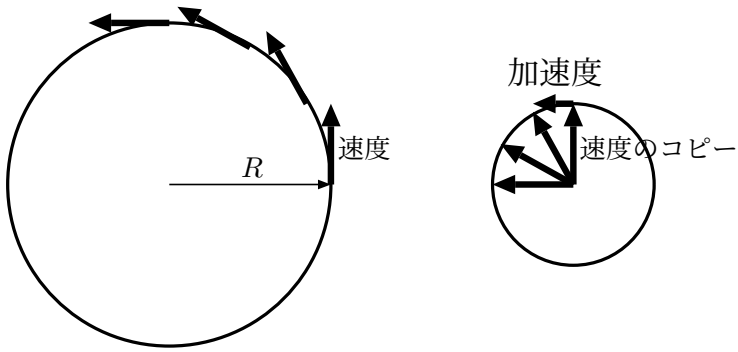


図 4.1 等速円運動の軌跡と速度ベクトルの変化

力はこの左向きの加速度ベクトルの方向を向いているはずであるので、円の中心方向を向いているはずである。別の場所でも速度ベクトルの変化の方向、つまり加速度ベクトルを調べてみるとやはり円の中心方向を向いているので、常に中心方向の力が働いているはずである。これを**向心力**（centripetal force）と言う。質点を糸で引っ張っているときには、この糸の張力が向心力となる。また、スキーで**ターン**（turn）しているときには雪の抗力が向心力の源泉となる。

向心力という言葉よりも、**遠心力**（centrifugal force）という言葉の方が親しみやすいかも知れない。スキーを例にして言うと、これまでは外部から見たスキーにかかる力を論じてきたが、スキーヤーと一緒に動く座標系（座標軸の回転はないとする）の上で論じることもできる。詳細は省くが、動く座標系の原点の加速度を $\mathbf{a_0}$、その座標系に乗った人が感じる質点の加速度を $\mathbf{a}'$ とすると、ニュートンの第二法則だけが次のように変更されることが導かれる。

$$m\mathbf{a}' = \mathbf{F} + m\mathbf{a_0}$$

スキーヤーの重心と一緒に動く座標軸で観測すると、$\mathbf{a}' = 0$ および $\mathbf{a_0} = \mathbf{a}$ なので、次式が成立する。

$$\mathbf{F} + \mathbf{F_a} = 0$$

ただし、$\mathbf{F_a}$ は次式で与えられる。

$$\mathbf{F_a} = -m\mathbf{a}$$

この $\mathbf{F_a}$ を**慣性力**（inertia force）と呼ぶ。重心と一緒に移動する座標系では、元の力と慣性力の総和が 0 になるのである。外から見たら、力の総和が加速を作り出し、内から見たら、慣性力も含めて力の総和が 0 になるのである。円運動の場合の慣性力は向心力の逆

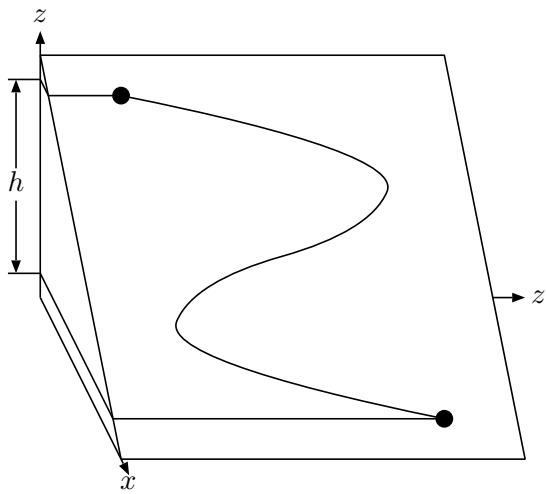


図 4.2　滑らかな曲線に沿って下降する質点

向きで、外を向いており、**遠心力**（centrifugal force）と呼ばれる。移動物体の立場に立つと、糸からの張力と慣性力である遠心力の総和が 0 になるのである。本書では、基本は外から見た立場で議論し、内からの立場の場合にはその旨を記載する。

4.2　ターン時の加速度と力

準備ができたところで、ターン時の力と加速度を求めてみよう。カービングターンを考えると、回転力は板の曲線状のエッジを雪面に食い込ませることによって得られる。つまり、板のエッジがレールを作り、板は自分自身の作ったレールに沿って滑るのである。板の長手方向の移動にはほとんど雪の抵抗力が働かないから、**図 4.2** に示すような滑らかな曲線に沿った質点の運動と理解できそうである。以下の議論を簡単にするために、ロングターンとし、人間と板は一つの質点とみなせるとしよう。

この時、人間には重力しか働かないから、人間と板が曲っていくのは、板にかかる雪面からの向心力によると考えることができる。まず、雪の抗力であるが、摩擦力がほとんどないので、板の長手方向に垂直のはずである。これを、斜面に垂直な成分と平行な成分に分けて考える。平行な成分とは、弧にも垂直となっている。これに合せて人間にかかる重力も、斜面に垂直な成分と平行な成分に分けて考える。こちらの平行成分は、弧とは無関係に、常に最大傾斜の方向を向き、人間も板も斜面に沿って移動することから、これら力の垂直な成分の和は 0 になるはずである。具体的には、斜面の傾斜角を θ とするとき

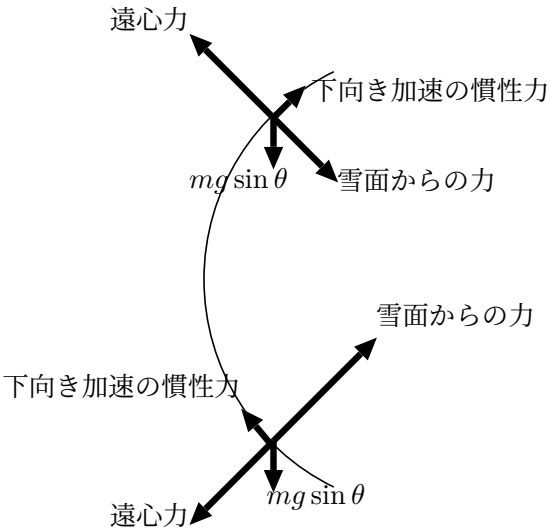


図 4.3　斜面垂直な方向から見た重力と板にかかる力

$mg\cos\theta$ になる。

以下、斜面に平行な力の成分だけを考慮しよう。これらの力の和は、重心の向心力に見合う値になるはずである。人間の重心の運動は複雑であるが、第一次近似として、一回分のターンの範囲では、速さ一定としよう。弧もきれいな二つの円の部分を接続したものとしよう。すると、向心力は一定でなければならない。

実は、こうした扱いには、人間と一緒に移動する座標系で議論する方が分かり易い。すると円周中心方向への加速という概念は、慣性力である遠心力に置き換えられる。遠心力は重心に働くが、雪面に平行で、板の長軸に垂直となる。円周に沿う速さがほぼ一定であるので大きさもほぼ一定である。重力は円周と無関係に最大傾斜を向いているので、雪面に平行な成分は $mg\sin\theta$ で一定となる。これに、雪面からの板に垂直な力が加わるので、雪面に垂直な方向から見ると**図 4.3** のようになる。

これら三つの力の合力が 0 になるはずである。しかし、板短軸方向の成分は、雪の抗力をうまく合せることで 0 にできても、重力由来の板長軸方向の成分は消し去ることができない。これは、人間が円周に沿って下向きに加速されることを無視して議論していることに由来する。その加速に対応する円周に沿う上向きの慣性力を加えれば、三つの力の合力は 0 となる。

この結果、板が雪の横向きの抗力は、同図にあるように、弧の前半で弱く、弧の後半で強くなる。また、重力の板長軸方向の力に着目してみよう。これは常に質点を板長軸方向

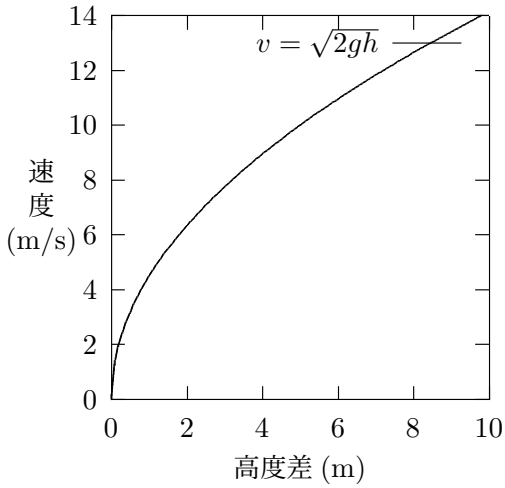


図 4.4　質点の降下高度差とそのときの速度（14m/s はおよそ 50km/h）

に加速するように働いている。つまり、質点は常に弧に沿ってひたすら速さを得ていくのである。

確かに、物理学によると、滑らかな曲線に沿って質点が落下していく場合には、質点が空中を落下しようが、滑らかな面上を滑ろうが、あるいは滑らかな曲線上を滑ろうが、その速度は下降高度差だけで計算できることになっている。

降下高度差と、そのときの速度の関係 $v = \sqrt{mgh}$（式 5.1）を**図 4.4** に示すが、高さ 10m も下ると、それだけで、14 m/s=50 km/h という大変怖い速度になってしまう。これは空気抵抗や雪面の僅かな摩擦を無視した計算ではあるが、それにしても、かなりの速度となるのは、暴走した経験のある人には十分理解できるであろう。

それなのに、普通の滑走ではそれほど速度を上げずに下ってこられる。ここで示した議論はどこかおかしい。やはり、気がつかないところで、板と雪の間の摩擦が効いているのだろうか。こんなことが動機となって、スキーやスノーボードの科学に首を突っ込んだわけである。

ちょっと、ヒントを言っておくと、質点の滑走と異なり、スキーやボードでは板と人間の重心を独立に動かせるところがポイントである。

4.3 本章のまとめ

人間と板を一つの質点としてみたとき、ターンの際には重力と板にかかる側圧とが力として存在する。これらの力の合力は、斜面垂直方向には 0 となるが、さらに向心力と板を進行方向に加速する力となる。向心力の結果、質点は曲って進むことができるが、進行方向の加速力の結果、質点はどんどん速度を増していく。

第 5 章

階段バーンでの速度制御

質点モデルで考えると、スキーやボードは、ひたすら加速されることになるが、実際にはあまり速度が上がらない状態で滑りを維持することができる。つまり、単純な質点モデルでは、どこかに考え落としがあるはずである。結論を先に言うと、人間が乗っていると速度を制御することができるのである。人間というか、人間の筋肉が速度を吸収するのである。その秘密を探る。

5.1 エネルギー保存則

床に向って物を落とすことを考えよう。物体を掴んでいる手を静かに緩めて、物体を解放すると、物体は最初はほとんど動かないが、やがて重力に引かれて下へ落下していく。下へ行くほど速度がついていく。その速度 v がどれほどになるかは、次式で表わされるエネルギー保存則から得られる。

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgz = E \ (\text{const})$$

ここで z は高さである。

詳細は力学の本を参照して欲しいが、この式は、ニュートンの第二法則 $\mathbf{F} = md\mathbf{v}/dt = mg$ を移動方向 $d\mathbf{r}$ で積分することから得られる。その結果、**図 4.4** に示したように、$z = -h$ だけ移動 (落下) したときの速度は次式で与えられる。

$$v = \sqrt{2gh}$$

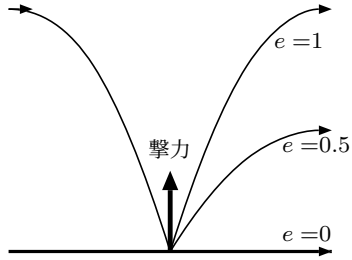


図 5.1　ボールのバウンド（e は反発係数）

5.2　階段バーンのジャンプ下降

さて、**図 5.1** のように、ボールのようなものを右に打ち出して、地面に落とすことを考える。後にスキーとの関連をとるために、地面は氷のようにつるつるであるとする。自由落下中のボールの速度はいつも式 5.1 で与えられ、次のステップに到着したときの速度は力学的に決定してしまう。しかし、それが地面に当って跳ね返った直後の速度は、ボールの材質などで様々になる。ステップがつるつるであるので、ステップがボールに与える力は、必ず鉛直方向であり、横方向の速度は保持されるが、縦方向の速度はボールの**反発係数**（restitution coefficient）e で決定される。

スーパーボールのようにエネルギー損失の少いものは、**図 5.1** の右最上位のような軌跡を描いて跳ね返るが、反発係数とは、衝突の際、二物体（ここではボールと地面）が衝突後に離れていく速度と衝突前に近寄って速度の比なので、$e \approx 1$ と言えよう。完全に $e = 0$ の理想的な物体は完全弾性体と呼ばれる。逆に、粘土ボールのようなものは、地面に貼り付かないでも、跳ね返ることはなく、その後、水平に移動してしまう。こうした物体の反発係数は $e = 0$ である。

さて、ボールの替りに人間が飛び下りるとどうなるであろうか。それが、まさに自由自在なのである。跳び出した地点より高くジャンプすることも可能であるし、下向きの勢いを殺して、びたっと水平に動くようにすることも可能である。もちろん、完全弾性体のように、元と同じ高さへ戻ることも可能ならば、さらに、勢いをあまり殺さずに、さらに下へ落ちていくことも可能なのである。下へ落ちるといっても、地面より下へは落ちれない。その場合には、重心の動きを見るとよいだろう。つまり、地面に着地した瞬間の重心の高さよりも、さらに重心を下げていくことが可能ということである。

つまり、反発係数を 1 から 0 に制御することはもちろん、1 以上にも、また負にもでき

るのである。人間の意識としては、反発係数というよりも、どのくらいの強さで地面を蹴ろうということになる。地面を強く蹴れば、かなり高くまでジャンプできるし、うまく力を調整して、ぴたっと水平運動に変えることもできる、さらには力を弱めにして、さらに重心を下げていくようにも制御できるのである。

粘土は、運動のエネルギーを可能な限り吸収して、水平運動だけを残すことができる。人間の筋肉はその意味で、かなり広い範囲で、いくらでも運動エネルギーを吸収したり、吐き出したりできるのである。実は、人間が完全弾性体のように振舞うときも、筋肉はある部分、バネのような弾性体として働くが、一方で運動にブレーキをかけ、改めて収縮するいう作業をする。ブレーキをかけるときには、筋肉は伸長されるが、その際、エネルギーを回収することなく、熱に変換してしまう。一方、収縮するときには、エネルギーを消費する。もとに戻るからエネルギー消費はまったくないということはないがため、ジャンプを繰り返すと、やはり疲労するのである。なお、こうした人間による運動エネルギーの吸収を、スキー用語でも**吸収**（absorption）動作とよび、特にコブ斜面のターンで使われる。

ボールがバウンドするときも、人間がジャンプするときも、これら物体が水平面に接触して、重心が自由運動を停止して別の自由運動に切り替わる際には、両者の間には短時間の押し合う力が働く。この短い時間働く力を**撃力**（impact force）という。この撃力は、材質や形状により複雑に時間変化するが、撃力を時間積分した $\mathbf{I} = \int dt\mathbf{F}$ は**力積**（impulse）とよばれる。この力積は、

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

を時間で積分することで、

$$\mathbf{I} = \int dt\mathbf{F} = \Delta\mathbf{p}$$

と衝突後の運動量と衝突前の運動量の差であることが導かれる。前述のように $\mathbf{F}$ は水平面に垂直であるので、$\mathbf{I}$ も水平面に垂直となる。衝突時間は極めて短いため、この時間内の力の変化を議論することはあまり無く、今後も大部分は撃力の大きさである力積だけで議論を行なう。

さて階段でスーパーボールのような反発係数の大きな物体を前方に向けて落とすことを考える。いつも階段の水平面でバウンドするものとしておこう。ボールはどんどん下のステップでバウンドするようになっていくが、何回バウンドしてもほぼ元の高さまで戻ってくる。また、水平面に衝突するときの速度は上がっていく。一方、人間が階段を降りてい

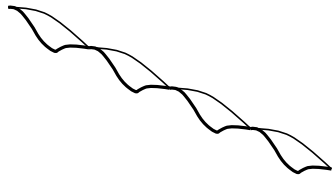


図 5.2　コブ斜面のジャンプ下降

くときには、どの段でも同じぐらいの運動が繰り返される。なぜこのようなことが可能かというと、人間が各ステップごとで大きく跳ね上がることがないからである。

図 5.2 に見られるように、コブ斜面のコブの頭を伝って、スキーやボードでジャンプして降りることを考えても、事情は変わらない。コブの頭は水平であるので、撃力は鉛直方向となり、水平方向の速度は常に一定に保たれる。鉛直方向の運動は、各段でどれだけの撃力を与えてどのようなジャンプをするかで決定される。人間の立場でいえば、毎回次のコブの頭の真上を踏むようにジャンプすればよい。もし、ステップの間隔が不揃いの場合は、ジャンプ量を調整して対応することになる。たとえば、ステップ間隔が開いていたら、そこでは大きくジャンプして、滞空時間を延ばす。ステップ間隔が詰っていたら、そこでは小さくジャンプして、滞空時間を縮める。ここで、コブの各ステップがつるつるにも関わらず、安定に下降速度が制御できていることに着目して欲しい。ボールの場合には、時間が経つにつれ、大きなジャンプとなるため、徐々にコブの間隔が開いていかないと対応できないのに比べ、大きな差である。これが、実は「スキーを摩擦のない世界でも制御できる」という大原理になっていることは、今後の議論で追々理解されるであろう。

5.3　ジャンプ中の空中軌跡

前節の原理を定量的に検討しよう。まず、座標軸を上向きに z 軸、進行方向前方に x 軸としよう。あるステップで踏み切ってから、次のステップに着地するまでの、重心の空中での軌跡は、よく知られているように放物線となる。ステップを踏み切った直後の水平速度を u、鉛直初速度を w_0(上向きを正数) としよう。以後、速度の (x, y, z) 成分を (u, v, w) とする。水平方向には加減速がないので、u_0 とせずに、単に u とした。すると、軌跡は次式で与えらえる。

$$x = ut$$
$$z = -\frac{1}{2}gt^2 + w_0 t$$

上向き初速度 $w_0 > 0$ を持ったジャンプは、沈み込んだ後、立ち上がる (**伸身**（stretching）) 必要があるので、**伸身ジャンプ**（stretching jump）という。実際には、まず下向きの速度を**加重**（pressing）をして殺し、その後さらに加重を続け、最終的に上向きの速度を得てジャンプしながらスキーを浮かせる。このような抜重を**伸身抜重**（up unweighting）、または**立ち上がり抜重**（up unweighting）という。個人的にはこの伸身抜重という用語は嫌いである。スキーが接地している間はずっと雪面を押し続けて、加重しているからである。実際、著者自身、次に述べる屈身抜重の意味はすぐ頭に入ったが、伸身抜重ではどんな動作が要求されているが、よく理解できなかった記憶がある。

下向き初速度 $w_0 < 0$ を持ったジャンプは、屈み込んで (**屈身**（bending）) 重心を下げながらジャンプするので、**屈身ジャンプ**（bending jump）という。これも実際には、まず下向きの速度がある程度なくなるまで加重を行うが、その途中でスキーを引き上げて抜重する。このような抜重を**屈身抜重**（down unweighting）、または**抱え込み抜重**（down unweighting）という。

いずれにせよ、まず加重して下向きの速度を殺す動作の後、板は雪面を離れる、つまり荷重が消えるので、**抜重**（unweighting）という言葉を用いる。抜重の具体的な仕方については後に述べる。また、ちょうど境界となる初速度 $w_0 = 0$ を持ったジャンプは、沈み込んだ後、そのまま重心を上下せずジャンプするので、**水平ジャンプ**（flat jump）という。

なお、進行方向の速さは結構重要な概念である。よく競技の議論を行なうと滑走速度が重要なパラメータとなってくるが、何を目途に議論したらよいかということになる。もちろん、最終的にはラップタイムであるが、水平距離をタイムで割ると進行方向の速度となる。しかも、この値は余りガタガタとは変動しない量である。一方、降下速度という概念と近い縦方向の速度はジャンプのたびに大きく変動し、平均でもとらない限り、必ずしも使いやすくはない。このため、本書では滑走速度の指標として、x 方向の速度を利用するものとする。

もし、ステップを次々と速度を制御しながらクリアしていこうとすると、**図 5.3** のように、段差 H を降下したきに、ちょうどステップ幅 L だけ、前進している必要がある。また、そのときに、どれだけの初速度を与えると次のステップでどれだけの速度で到達するか、つまり着地鉛直速度を計算しておくと、次の初速度との差から必要な撃力を求めることが可能となる。なお、この議論は、L と H が決まっている旗門通過の技術に繋がっていくものである。

ジャンプの降下に必要な時間を T としよう。すると、上式より直ちに次の式が導かれる。

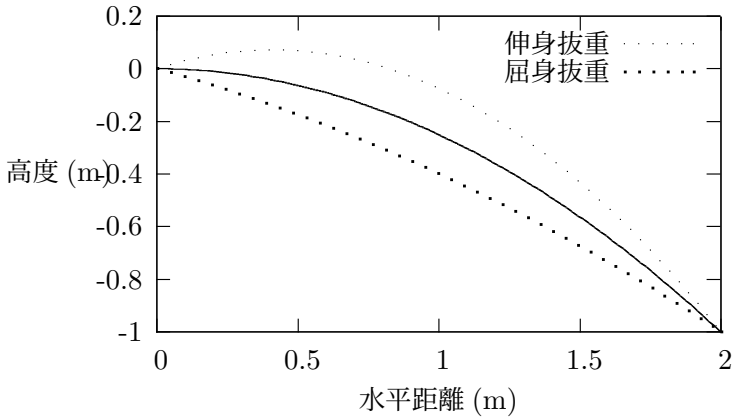


図 5.3　跳び出し方向による重心の軌跡 (L=2m、H=1m)

$$L = uT$$
$$-H = -\frac{1}{2}gT^2 + w_0 T$$

まず、第一式より $T = L/u$ が得られる。これを第二式へ代入すると、u を与えたときに必要な鉛直初速度を得ることができる。

$$w_0 = \frac{gL}{2u} - H\frac{u}{L}$$

この式から、逆に w_0 を与えたときの u を求める。

$$u = \frac{L}{2H}\left(\sqrt{w_0^2 + 2gH} - w_0\right)$$

この結果を**図 5.4** に示す。$w_0 > 0$ の伸身ジャンプから $w_0 < 0$ の屈身ジャンプになるにしたがって、u はどんどん速くしなければいけなくなる。逆に言うと、遅いときには伸身ジャンプを行ない、速くなるほど、屈身ジャンプにしていかないと、所用な点へ落下することができなくなってくることがわかる。

また、一段を降下する時間、降下周期も L/u から直ちに求められる。

$$T = \frac{1}{g}\left(\sqrt{w_0^2 + 2gH} + w_0\right)$$

この結果を**図 5.5** に示す。ちなみに、屈身系の場合、1m の段差を飛び降りるのに必要な時間は 0.45s、およそ 0.5s である。平均斜度 45° の場合には、水平速度 2m/s 程度、30° の場合には、水平速度 3m/s 程度の速度が必要となる。

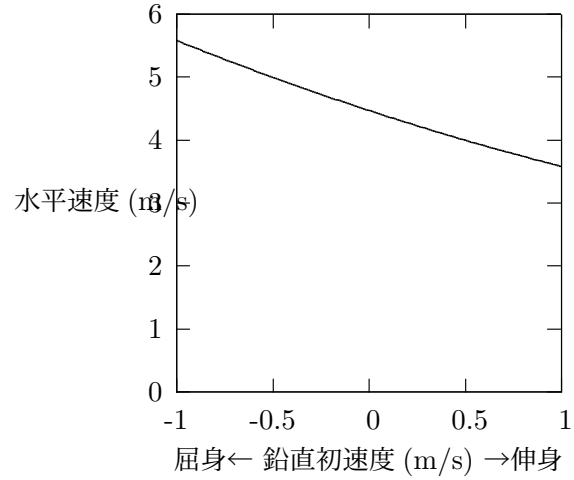


図 5.4　与えられた鉛直初速度でゴール (L=2m、H=1m) 到達に必要な水平速度

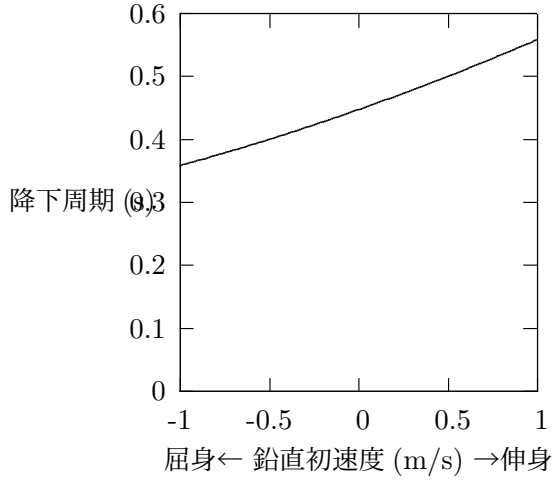


図 5.5　与えられた鉛直初速度でゴール (L=2m、H=1m) 到達までの時間

つまり、上向きに跳び出す伸身ジャンプは、時間的に余計な作業をしていることになる。時間に余裕が必要な初心者には伸身ジャンプ、速度を稼ぎたい上級者には屈身ジャンプが適していることになる。

次に、着地鉛直速度を計算しておこう。

$$w = -gT + w_0 = -\sqrt{w_0^2 + 2gH}$$

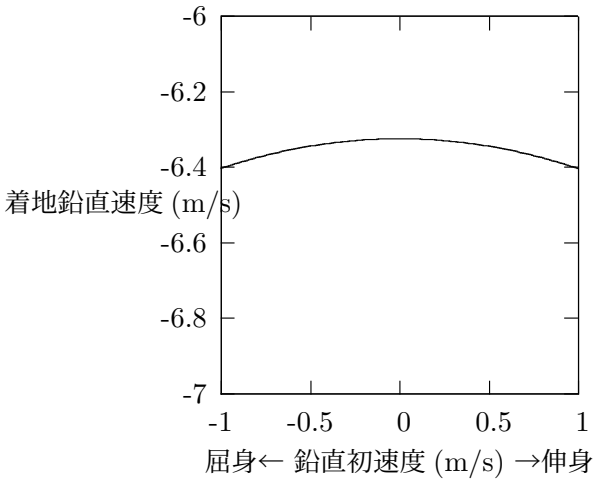


図 5.6　鉛直着地速度の鉛直初速度依存性 (L=2m、H=1m)

第二の等号は、式 5.3 から得られた T を代入した結果であり、ちゃんと H 下の L 先という目的点に着地するという条件のもとに計算した着地鉛直速度である。この関係を**図 5.6** に示すが、着地鉛直速度は w_0 が 0 のとき、つまり水平ジャンプのときにわずかに最小となる。

下向きに跳び出す屈身ジャンプでは、着地速度の絶対値が大きくなることは明らかであろうが、上向きに跳び出す伸身ジャンプでは、跳び出し点の高さに戻ってきたときに、すでに跳び上がりの速度を下向きに持っているため、結果的に屈身ジャンプと同じように着地速度が上がるという結果が得られる。

斜度に関わらず、一定の降下周期 T でかつ一定の距離間隔 L でリズムを刻もうとすると、斜度に応じてジャンプ系を変えていかなければならない。おこの二つのパラメータを固定すると u が一定となるので、次式より、斜度に対する w_0 の変化のようすは**図 5.7** のようになる。

$$w_0 = \frac{gL}{2u} - \frac{Hu}{L}$$

H が小さい緩斜面では w_0 が正、つまり伸身ジャンプになるし、H が大きい急斜面では屈身ジャンプにしないと、一定周期、一定水平距離で斜面を刻むことはできなくなる。

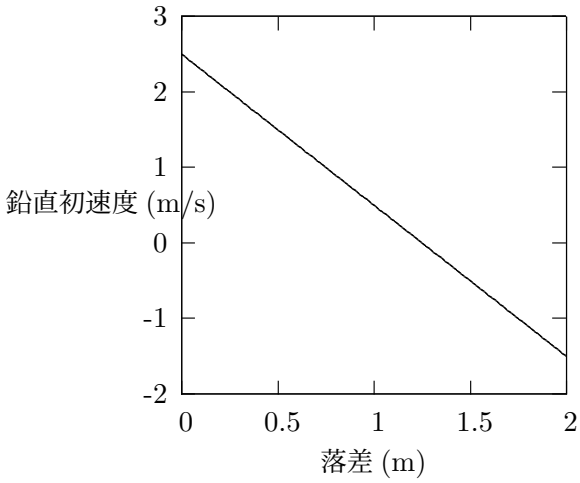


図 5.7　一定刻み $T = L/u = 0.5$s に必要な鉛直初速度 (L=2m、u=4m/s)

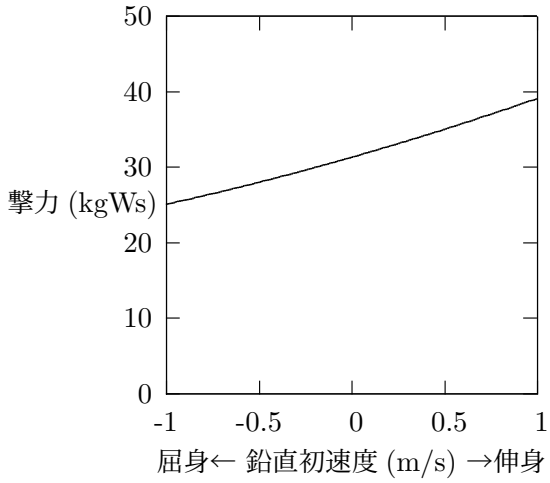


図 5.8　ジャンプ時の撃力の鉛直初速度依存性 (L=2m、H=1m、m=70kg)

5.4　撃力

ボールの場合は、撃力がステップごとにどんどん大きくなっていったから暴走したのであるが、人間の場合には、ステップごとに一定の撃力を与えている限り、平均下降速度はいずれ一定に落ち着く。この一定速度は次のようにして求めることができる。

人間は撃力を調整するより、ジャンプ時の鉛直初速度を調整する方が楽である。そこで、鉛直初速度を決めて、その際の撃力を計算してみよう。撃力は簡単に言うと、ジャンプ直前の速度を直後の速度に変えるものであるから、直後の速度ベクトルと直前の速度ベクトルの差となる（厳密には運動量の差）。しかし、水平方向には、力を与えることはできないので、両速度の水平成分は維持される。鉛直速度の変化分の質量倍、m 倍がステップより上向きに与えらえる撃力の力積となる。つまり、ジャンプ直後の上向き鉛直初速度 w_0 から上向き着地鉛直速度 $w = -\sqrt{w_0^2 + 2gH}$ を引き、その m 倍が、力積 I になる。

$$I = m\left(w_0 + \sqrt{w_0^2 + 2gH}\right)$$

この式は、先に求めた降下周期 T の丁度 m/g 倍となっている。

これは次のように理解することができる。周期 T の間に重心に加わる力は重力と撃力だけであるが、この間の重力の力積は mg なる力が T の時間働くので mgT となる。これは下向きであるが、撃力は上向きに I だけの力積をおよぼす。力積の総合計は、運動量の増加、つまり速度の増加を促す。安定に降下しているときには、一周期で速度が変化しないはずなので、$mgT = I$ が成立する。これを**図 5.8** に示すが、屈身で下向きにジャンプするほど、周期が短かくなるため、貯まる運動量が少なくなるため、撃力は少なくなっている。逆に表現すると、撃力が小さい程、降下周期は短かくなり、高速滑走となるとも言える。

$w_0 > 0$ の伸身ジャンプでは、撃力は大きくなり、低速滑走となる。また、$w_0 < 0$ の屈身ジャンプでは、撃力は小さくなり、高速滑走となる。この境界、つまり水平に跳び出すときの撃力 $I = m\sqrt{2gH}$ となる。

上級になるほど急斜面を経験するようになるので、伸身ジャンプから屈身ジャンプへ変えていく必要がでてくる。しかし、緩斜面でも撃力を減らして、降下周期を減らす、あるいは L を短くしていくと、伸身ジャンプから屈身ジャンプへ変化していく。これは、恐怖心を持たずに屈身ジャンプを学ぶ方法のヒントとなる。

ちょうど境界となる水平ジャンプの条件 $\sin\theta = gL/2v^2$ を考察してみよう。平均斜度 15° バーンの場合、v =10km/h とすると、L =0.41m となる。v =20km/h とすると、L =1.6m となる。30° バーンの場合、v =10km/h とすると、L =0.79m となる。v =20km/h とすると、L =3.2m となる。45° バーンの場合、v =10km/h とすると、L =1.1m となる。v =20km/h とすると、L =4.4m となる。

実際のスキーやボードでは、人間の板にかける力は、滑らかに変化させることが多いが、スキーやスノーボードの科学、特に速度の物理を理解するには、撃力をかけて速度制

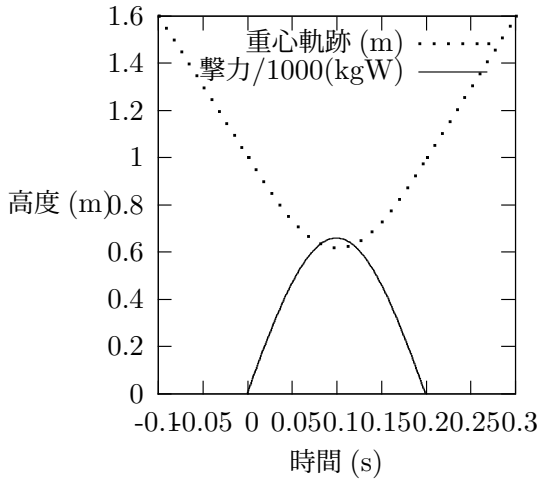


図 5.9　バネの作る撃力とその突き上げによる重心の移動。進入速度 6m/s、$\tau = 0.2$s、$m = 70$kg で撃力の最大値は約 650kgW となる

御するというモデルの方がわかりやすい。撃力モデルというと、もっとも近い概念は、本章で述べているようなジャンプターンである。しかし、通常の比較的滑らかなターンでも、ターンの終了時に板を踏み締めるとか、チェックを入れるとかいった方法で、短い時間に大きな力を入れており、その意味ではかなり撃力的な力に頼っている。そこで、本書では、まず撃力モデルで理解し、それを後から現実的な滑らかな力の配分を行う連続モデルに変更していくこととしよう。

では、この一瞬の撃力はどのようにして決まるのだろうか。まず、ボールのような完全弾性体に近いものの撃力を考えよう。ボールの替わりに、剛体の下にバネのついた系で議論をしよう。この剛体とバネの複合体を、高いところから平面に落とすと、バネの下端が平面に接触してから、バネは急速に縮められ、運動エネルギーはバネのエネルギーに蓄積されていく。このエネルギーは再び解放されて、運動エネルギーに戻され、結局、剛体は落ちてきたときと同じ大きさで逆向きの速度で跳ね返る。この間のバネの発生する力は、**図 5.9** のようになる。つまり、落ちてきた剛体の運動量をちょうど反転させるだけの力を発生する。

こうしたバネによる跳ね返り現象は、ある程度の時間を使う。この時間を τ とすると、地面に到着時の降下速度を $-w0$ とするときに、この時間内の鉛直速度は $w = -w_0 \cos(\pi t/\tau)$ で与えられる。これを積分すると、重心の位置の変化が $z = -w_0(\tau/\pi)\sin(\pi t/\tau) + z_0$ となることがわかる。また、速度を微分すると加速度

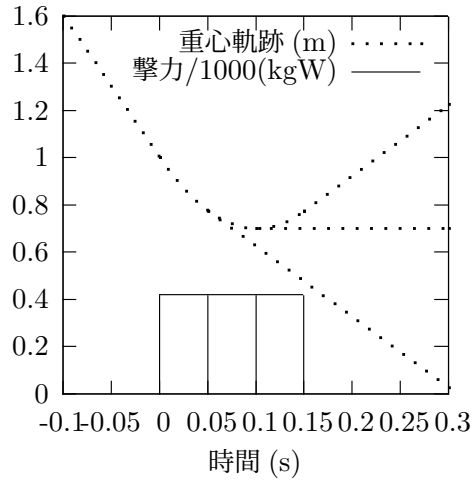


図 5.10 人間の作る一定の力による撃力。継続時間が短かくなると上向きから下向きジャンプになる

が得られ、その m 倍から、撃力の時間変化が $F = mw_0(\pi/\tau)\sin(\pi t/\tau)$ と、得られる。**図 5.9** は、この式をグラフ化したものである。撃力の最大値は約 650kgW にもなり、体重の約 10 倍にもなっている。

一般に、撃力の各時刻の力を F としよう。剛体が受ける下向きの力は mg であるから、$m(dv/dt) = mg - F$ が成立する。両辺をバネが接地している時間 τ で積分すると、$m\Delta v = mg\tau - I$ となる。ここで、Δv は衝突前後の速度の変化、I は F を接地時間で積分したもので、力積である。つまり、重力と力積が剛体の速度の変化を引き起こしている。τ が十分短いときには、衝突の際の重力の影響 $mg\tau$ は無視できる。すると、I は下向きの運動量を殺していることが理解できる。

バネと同様な撃力を、人間の筋肉でも同じように発生することができる。人間の場合にはさらに、その持続時間や最大値を、かなり自由に制御できる。その結果、上向きに飛び上がることもできるし (伸身ジャンプ)、飛び降りる速度を殆ど殺して、結果として水平に近く飛び出すこともできる。さらに、人間の場合には、重心のある上体と板の間には脚があるので、飛び出すときに脚を縮めれば、重心をやや下方に飛び出させることもできる (屈身ジャンプ)。簡単のために、一定の大きさの撃力を発生し、その継続時間だけを変えた三種類の場合の軌跡の変化を、**図 5.10** に示す。

撃力の継続時間が長いと、上向きに飛び上がることになる。具体的には、脚をいったん縮めてショックを受け止め、続いて脚を伸ばして積極的に立ち上がるという動作により、

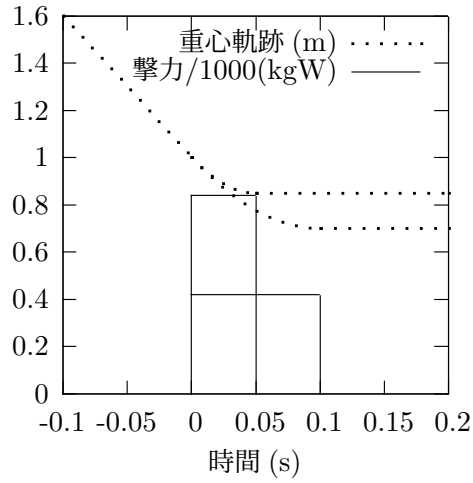


図 5.11　同じ力積の撃力の継続時間による軌跡の変化

伸身ジャンプを行なう。継続時間が短かくなってくると、徐々に下向きに飛び降りることになる。具体的には、吸収が終了してまだ沈んでる姿勢のとき、あるいは脚を縮めてまだショックを吸収しつつある過程で、さらに急速に脚を縮める屈身ジャンプを行なうと、体は慣性で急には落ちないので、板が地面から浮くことになる。つまり、脚を抱え込むような動作となる。こうして主として撃力の継続時間を変えることにより、**図 5.11** のように軌跡を制御することができる。

もちろん、力積は力と継続時間の積であるので、強い力で短かい時間をかけても、同じ結果が得られる。この場合には、沈み込み量は少なくなる。つまり、上下動の少い抜重となる。上下動の多いことは伸身ジャンプと同義と誤解されることが多いが、単にショックを弱める効果があり、伸身ジャンプになるか屈身ジャンプになるかは、いつ足を地面から離すかで決定されることが理解できよう。

弾性体の場合は、反発係数 1 のときが、一番エネルギー損失が少ないが、人間の場合は出した力の時間積分に応じて疲労するようである。つまり、疲労は力積にほぼ比例する。単位時間当たりの疲労は、したがって I/T によって決定されるはずである。周期 $T = I/mg$ より、$I/T = mg$ なる関係が得られるが、これはジャンプ下降による疲労が、かかった時間にだけ比例し、その比例定数が一定であることを示している。つまり同じ高さを下るのならば、平均下降速度が速い方が楽であり、平均下降速度は撃力の大きさに反比例するので、なるべく弱い撃力にする。すると、屈身ジャンプになりやすいので、降りるピッチを短くすればよい。

この章では撃力という言葉を多用したが、撃力とは、人間が雪面に与える荷重のことである。雪面に立っているときにも、直滑降をしているときにも人間は板で雪面を押していた。しかし、その押す力は高々重力程度であった。しかし、ジャンプで降下する場合は強い力で一瞬加重する。このように、撃力とは短時間に行われる加重法と言える。

5.5 連続的な力積

力積（impulse）という考え方は、撃力の場合に限らず、もっと一般的な場合にも有効である。力積は前にも述べたように、力の積分である。例えば、ゆっくりとしたターンにおける運動解析でも、時間をある程度短い間隔で刻み、その各タイムスロットごとに力積が加わるというモデルで解析可能である。

ターンしながら安定に下降できるということは、一周期の力積が 0 でなければならない。例えば、ジャンプターンの場合、落下時に重力から得た全力積を、ジャンプ時にキャンセルできなければ、どんどん加速していってしまう。また、現実的なコブ斜面を、ある程度滑らかに下降することを考える。このときも、コブ裏側 (谷側) ではほとんどスキーには力がかかっていないため、ほぼ重力による下向きの力積が得られる。それをコブの表側 (山側) で上向きの力積を与えることでキャンセルしなければならない。一方で、コブ裏側では若干の前向きの力積を得るが、それをコブ表側の後向きの力積でキャンセルせねばならない。これについてはコブのターンの章で、詳細を述べる。

5.6 本章のまとめ

ボールのような弾性体と違い、人間は随意の撃力を発生できるので、階段状の斜面ならば、弾性体の撃力よりも弱めの撃力を発生することで速度を吸収しながら、速度を制御しながら下ることができる。撃力が大きいほど、下向きの速度を殺し、場合によっては上向きの速度とするため、平均として低速に斜面を下れる。伸身ジャンプは大きな撃力を発生するので、低速降下になり、屈身ジャンプとなるにしたがって、撃力は小さくなるので、高速降下となる。

撃力は短い時間に加重する荷重法とも言える。コブ斜面でも、板をフォールラインの方向に向け、コブの頭を順にジャンプしていくことで、階段状の斜面と同様な降下が可能である。この場合、コブの頭が真っ直ぐに並んでいない場合は、エッジをかけながら横への撃力を与えることで横方向への移動が可能である。この撃力の方向は、正面から見た場合、ほぼ、一回前のジャンプ点の方を向く。

撃力を定量的に扱うには、力の時間積分である力積という概念が有効であるが、この概念は、もっと連続的な滑りを理解するにも有効である。例えば、前傾斜面と後傾斜面が周期的に繰替えされるようなコブ斜面を直滑降で下降する場合には、踏み切りの位置と大きさを調整することにより、前傾斜面で受けた力積を、後傾斜面で打ち消すような力積を与えることができ、これにより、安定な速度制御が可能となることが理解できる。

第 6 章

エッジング

実際のスキーやボードの際には、エッジングを多用する。また、傾むいた面での速度の制御にもエッジングは不可欠である。ここでは、運動中のエッジング時の力の状況を学ぶ。

6.1　横滑り

前章までは板を平踏みにしている場合を中心に述べたが、ターンなどの局面では、板の側面を雪に食い込ませるいわゆる**エッジング**（edging）を多用することが多い。厳密なことを言うと、平踏み時には左右両側の**エッジ**（edge）が軽くかかっている。エッジングをすると、板は横方向に極度に滑りづらくなるから、左右に動かそうとすると、横向き方向の力が発生する。そのもっとも典型的な例が**横滑り**（sliding）であろう。しかし、板長手方向には力はほとんど発生しない。横滑りの際は、板をフォールラインに垂直、つまり水平に置く。

スキーの場合、上半身はある程度意識して、多少、谷向きにしておく。上半身の向きは横滑りにとって本質的ではないが、進行方向である谷側を見易いこと、ターンの姿勢に移しやすいことなどの利点がある。なお、上半身を谷に向けるというと、首と肩だけを谷に向けるとか、上半身を谷側へ倒す人が多いが、上半身はある程度立てて、腰から谷に向けることが本質である。むろん、この姿勢で上半身を完全に谷に向けるのは不可能であるが、山側の板を靴半分ぐらい前にし、尻を山側に、膝を谷側に自然に回すと可能になる。正面から見ると、くの字型になる。この姿勢を**くの字姿勢**（angulation）という。この姿勢は横滑りのみならず、ターンの際も維持されるもので、要は、上半身をなるべくフォールラインに対して同じ姿勢で滑走するための工夫である。

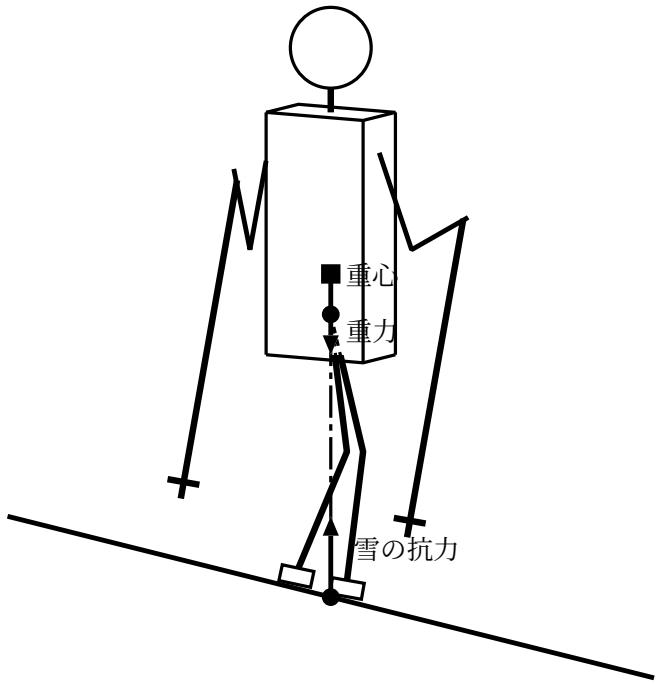


図 6.1　横滑り

最近は斜滑降でも横滑りでも、あまりくの字姿勢を強く教えなくなったようである。確かに、極端にくの字姿勢をとろうとすると、くたびれるだけである。リラックスできる姿勢の方がよいであろう。しかし、非常に斜度が強いときには、くの字姿勢を意識すると、強いエッジングが可能となる。

このままでは通常、板の裏面は水平のままで、強いエッジングがかかっている。スキーの場合、膝を徐々に谷側に倒していくと、エッジングが緩み、やがて横へ滑り出す。ボードの場合には、足首の緊張を緩める。安定に横滑りを継続しているときの力の関係は**図 6.1** のように、すべての物体に対し平衡がとれている。もし平衡がとれていないとすると、その物体は加速を受けることになり、一定速度での安定な横滑りはできないことになるからである。

人間にかかる力、つまり重心にかかる力は、重力と雪の抗力だけである。まず、動き出すまでは、加速度はないので、力の総和は 0、つまり、重力と雪の抗力は大きさが等しく、方向が反対となっている。この際、エッジングのかかっていない場合には、抗力は雪面に垂直となるはずであるが、エッジングがかかっているため、雪面に平行な成分も発生し、結果として、鉛直になるのである。

エッジングを緩めた直後は、雪の抗力のうち雪面に平行な成分が弱まるため、力の総和は雪面に平行でフォールラインの方を向く。このため、重心はフォールライン方向に加速される。雪の抗力が重心の方向を向いていないことから、この抗力は人間を回転させるトルクとなる。つまり足をすくわれる。人間はこれに対して、あらかじめ重心をフォールライン方向に移動させながらエッジングを緩めるのがよいだろう。

次に、安定に一定速度で横滑りが続くようになってくると、再び加速はなくなる。つまり、雪の抗力は重力と同じ大きさで、方向が反対、つまり鉛直上向きになってくる。

この雪面から板を押す力は直滑降のように雪面に垂直ではない。それは**摩擦**（friction）が発生するからである。摩擦とは面と面の接触がずれることにより、互いにずれと反対の方向の力を受けることを指す。この場合は板がフォールラインを向くようにずれていくので、雪面に垂直な抗力以外に、フォールライン方向と反対向の摩擦力が板に働く。その結果、雪面からの力は雪面垂直方向からずれ鉛直になるのである。

雪面からの力と重力が同じ線上に存在しないと、上半身にトルクが与えられ、回旋してしまうので、重心は荷重軸上になければ不安定になる。なお、ボードは一枚板なので、横滑りは余り難しい技術ではないが、スキーの場合、山側スキーのエッジに働く摩擦が強すぎると、足を揃えて横滑りすることが困難となるので、荷重は主として谷側スキーの内エッジにかけるのがよい。したがって、荷重軸と言う場合は、谷側の足の内側を通ると理解してほしい。

また、スキーの場合、今までと同様に疲労を避けるために、板長軸方向の体の位置を調整して、荷重軸が足の裏辺りを通るようにする方がよい。つまり、荷重は谷足の土踏まずにかけるのがよい。もちろん、これは前後の位置を言っているので、回転の際の内足では、拇指球の位置の外側となる。板のエッジングを自由に調整する、例えば緩めるときには、膝を谷側に倒し、強めるときには山側へ起こせば良いが、一方、上半身は荷重軸上に重心を置かなければいけないから、ほぼ固定となる。これを安定に達成するには、先に述べたくの字姿勢を維持する。

もし、一定の速度で横滑りしているとき、もっと速い速度で横滑りをしようとする場合には、エッジをゆっくり緩める。すると、板は横方向に滑りやすくなる。滑りやすいとは雪面からの力の雪面平行成分が弱くなることであり、荷重軸が鉛直よりも谷側に傾いてくる。その結果、重心に対し足を掬うようなトルクが発生する。通常、このままでは山側に倒れてしまうので、あらかじめ重心をやや谷側に移動するような先行姿勢をとりながらエッジを緩める。いずれにせよ、スキーヤーやボーダー全体には重力および雪面平行成分の弱くなった雪からの抗力が働くから、合力であるフォールライン方向の加速を受け、速度が速くなる。

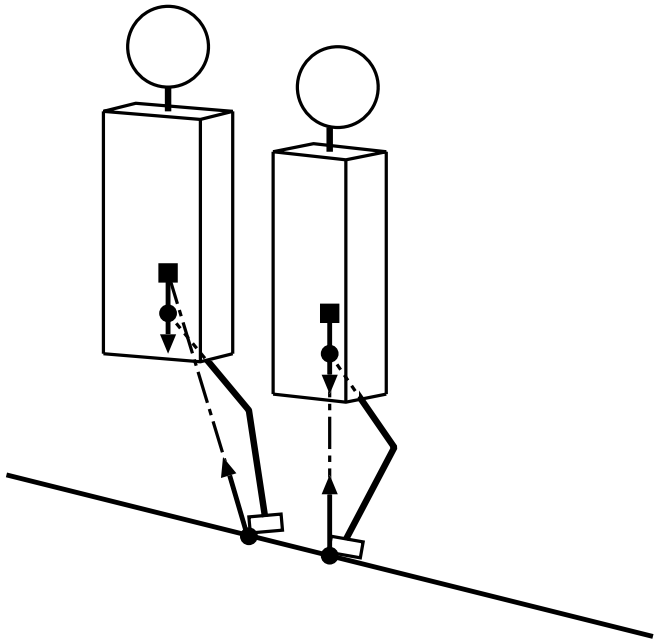


図 6.2　横滑りによる停止。緊急停止では、板の移動量より重心と板の間距離の短縮の方が大きく、脚が主としてエネルギーを吸収している

逆に横滑りで制動をかけて停止することを考えよう。この場合は逆にエッジをゆっくり強める。すると、板は横方向に滑りにくくなり、荷重軸は鉛直よりも山側に傾いてくる。通常、これに対応して**図 6.2** のように、重心をやや後に移動し、減速に対応する加速力に耐える。この際、上半身を徐々に沈み込ませて重心の位置を下げ、停止点を目標にもっとも沈み込み立ち上がりかかると抗力は最大となり、短時間に停止することができる。上級者になればなるほど、停止の際の板のずれ量は少なくなり、ほとんどは脚の曲げで停止を処理する。このように沈む込みの最低点で最大抗力を得る手法は、ターンの場合も良く用いられるテクニックである。

横滑りは確かに摩擦を発生し、速度に制動をかけるが、実は重心の移動の方が大きな速度を殺す要素になっている。実際、停止の際は板にも上半身にもほぼ同様な力がかかるが、停止に至るときの板の移動量と、上半身の沈み込み量では、沈み込み量の方が遥かに大きい。移動量 × 距離 がエネルギー消費になることを考えれば、どちらが支配的かは明白であろう。試しに、上半身の沈み込みをいっさい止めて、停止を試みると、重心の沈み込み効果がいかに大きいかが理解できよう。

横滑りは摩擦と言ったが、実際の横滑りを丁寧に観測してみると**図 6.3** のように、雪面

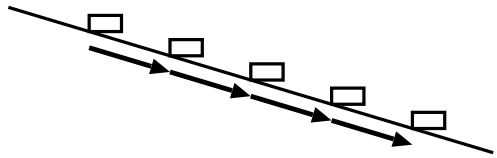


図 6.3 横滑りは小さなジャンプの連続

をあまり削ることなく、ちょっと移動してはぴたりと止まり、またちょっと移動してはぴたりと止まるような細かい運動をすることが少なくない。この場合、板の移動の際は脚が伸び、停止するときは脚が短縮してエネルギーを吸収している。かなり、滑らかな横移動をしている場合でも、脚の筋肉が小刻みに働いていることが多い。エネルギーをほとんど使わないわずかな板のジャンプとそこへの重心の落下が限りなく繰り返されているのだ。つまり摩擦による制動よりも、重心の沈み込みによる制動が中心である。事実、横滑りのあとには多くの細かい縞模様が観測されることが多いし、横滑りの際、足がスーと連続的に動くことは少なく、トトトトと不連続な滑りを感じることが多い。

6.2 スケーティング

本節のスケーティングとはスキーのスケーティングである。ボードのスケーティングは、異なる原理なので、注意して欲しい。

板と雪面の間には摩擦がないと近似してきたが、僅かな摩擦は存在する。この僅かな摩擦は主として、板が雪に少し沈み込んでいることに起因する。新しい雪面に移動する際は、また新たな雪を押し潰す。この押し潰すときのエネルギー消費が摩擦力という形に変換されるのである。とはいっても、この摩擦力はターンの議論をする場合はほとんど無視してよい。無視できないのは直滑降の終端速度に達する付近と、平地の滑走ぐらいである。

平地で真っ直ぐ滑ると原理的には摩擦がないので、いつまでも滑れそうであるが、実際には上記のような僅かな摩擦があるので、雪面の状態や初速度にもよるが、50cm から 3m ぐらいで止ってしまう。いつまでも滑り続けるためには、周期的に推進力を与えなければならない。その技術が**スケーティング**（skating）と呼ばれるもので、スケートの推進と同じように板のエッジで後方に蹴るという動作で推進力を得る。スケーティングは多少の登り斜面でも使える有効な技術であり、また比較的緩い斜面を下降する際に速度をつけてターンするステップターンという技術にも繋がる重要なものである。

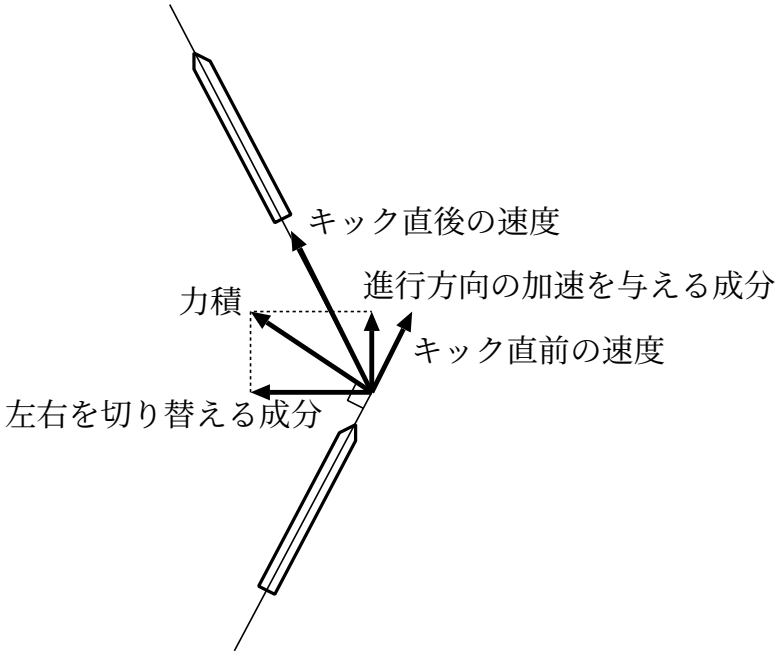


図 6.4　スケーティングの際必要な撃力の力積

周期的にスケーティングを入れて平均として一定の速度で滑ることを考えよう。スケーティングは板を交互に蹴って、重心を左右に揺らせながら行う。したがって、重心の軌跡はジグザクになる。ただし、各直線部分で重心の速度は雪面からの摩擦のためにどんどん遅くなっていく。

各ジグザグのコーナーでは運動量ベクトルの方向を変えるだけではなく、大きさも大きくしなくてはならない。板にエッジをかけ、蹴り出すことの反作用でこの撃力を得るのであるが、スキーは長軸方向には滑りやすく、力が出しづらいことから、板の方向はこの撃力の方向に垂直である必要がある。そのために必要な撃力の力積は、**図 6.4** に示したように求めることができる。

面白いのは、このように、重心を左右に振っているときには、スキーを進む方向に直角に置いて真後ろから撃力を得る必要はなく、板を斜めにして蹴ればよいというか、斜めにしなければならないことである。このことはターンの際にも成立する重要な原理である。

毎回、キックの直前にほとんど停止に至る場合は、キック後の速度ベクトルはスキーに直角になるから、ジグザクの角度は毎角ごとに直角になる。逆にキック前にかなりの速さがあり、進行方向の加速が余りいらない場合には、左右運動の切り替えのための撃力だけ

が必要なので、撃力は進行方向に直角に近くなり、スキーはそれに垂直、つまりほぼ進行方向に向けておく必要がある。これは第 5 章の最後に示したヒールキックと同様な概念になる。

6.3 加速中の板上でのバランス

静止しているときでも直滑降でもジャンプしているときでも、荷重軸は常に板に垂直であった。また、重心は荷重軸上にあって荷重軸はスキーの場合、土踏まずを、またボードの場合には両足中央を通るのがよいということを示した。さらに本章では、横滑りでも、スキーにおけるスケーティングでも、荷重軸は常に、板のエッジ方向つまり板の長軸方向に常に垂直であり、やはり荷重軸は土踏まず (ボードでは両足の中央) を通るのが良いということを示した。本節ではこの辺の議論をもう少し厳密に進めてみよう。

一般にスキーやボードで加減速したり、回転したりしているときの力の関係はどうなっているのだろうか。上半身にはやはり重力と脚を経由して板からの力が働く。しかし、今度はその合力は必ずしも 0 にはならない。上半身が加減速されるというのは、この合力が存在するからである。ただし、板からの力の線上、つまり荷重軸上に重心が載っている必要がある。さもないと、上半身に回転を与えてしまうからである。

板は、人間からの力と雪面からの板に垂直な反力の合力で加速される。$\mathbf{F} = \mathbf{ma}$ の関係と、板がきわめて軽いことを考慮すると、合力はほとんど 0 となるはずである。したがって、雪面からの反力と人間からの力は方向が反対で等しい大きさを持つ。むろん、板自身の運動を議論するときには、この僅かな合力が問題となるが、本書を通じて、それが問題になることはほとんど無い。

雪面からの反力であるが、平踏みにしているときは、板そのものに垂直となる。スキーやボードは多くの場合エッジを掛けて滑るが、その場合、反力は板長手方向に垂直なある方向となる。いずれにせよ、板の長軸方向に垂直となる。板は長いので、長さ方向のあちこちで雪面からの力を受けるが、どこでも反力は板長軸方向に垂直であるから、その合力もやはり板長軸方向に対し、垂直となる。

雪面からの力の作用点については、必ずしも板の真ん中になるとは限らず、前によったり、後ろによったりするが、人間からの力の作用点と一致しないと、板を回旋させてしまう。これを積極的に利用してターンの際の板の回旋をすることができる。といっても、両者の作用点を 10 cm 以上離すのは容易ではないし、それ以上離すと安定して板を制御することはできない。したがって、回旋のことを抜きにして加減速だけの議論をするときには、両作用点はほとんど一致していると言っても問題ない。なお、強いエッジを懸けてい

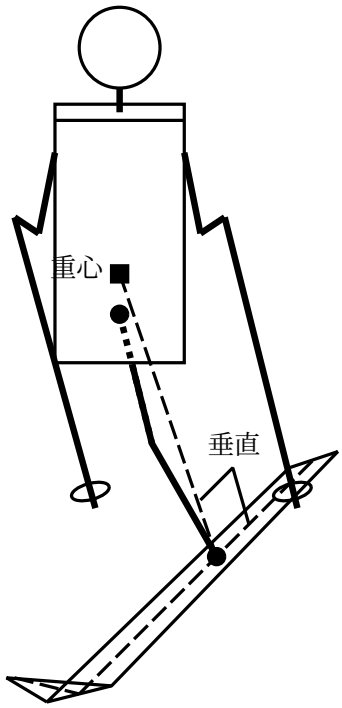


図 6.5　エッジ垂直荷重の原理

る場合は、板は急激な回転はしづらく、このような場合には、作用点の一致は自動的になされてしまうことが理解できよう。これらの結果、加減速中でも荷重軸はエッジに垂直、つまり板長軸方向に垂直となる。これを「**エッジ垂直荷重の原理**（pinciple of weighting normal to edge）」と呼ぼう。

雪面からの力が重心を通るようになる、つまり荷重軸が重心を必ず通ることは、いままでの議論と同じである。この場合、雪面からの力と重力の合力が人間の重心を加速する力となる。また、板を安定に制御するためには、荷重軸が土踏まず (ボードでは両足中央) を通過しなければならないことも、今までの議論と変わらない。

まとめると、**図 6.5** のように、人間からの力、その反作用である板からの反力、雪面を押す力、その反作用である雪面からの力はいずれも、一つの軸、つまり荷重軸にのり、さらに板長軸方向に対し常に垂直になる。さらに荷重軸は土踏まずのところを通るようにすべきであることが理解できよう。

エッジ垂直荷重の原理は、板が止まっていても、動いていても、また、複雑に加速していても、常に成立する必要がある。人間はどんな場合でも、板を長軸方向に対し垂直に荷

重することになり、また荷重は土踏まず (ボードでは両足中央) でしなければならず、これを守らないと、板は直ちに人間の足もとから前方または後方に逃げていってしまう。むろん、脚の筋肉を緊張させれば、板は逃げないが、やはり、この荷重軸上に土踏まず、重心がぴたりと乗っているのが、安定な滑走を保証する。

エッジ垂直荷重の原理で大事なのは、上で述べたように、大地に垂直、つまり鉛直に荷重するのではなく、板長軸方向に対し垂直に荷重する点である。例えば、傾斜バーンで、板が斜め下を向いていたらどうなるのかと思われるかもしれないが、後から述べるように、そんな場合でもエッジ垂直荷重の原理が成立するのである。

「馬鹿な。鉛直ではなく板に垂直では前のめりに傾いてしまう。」という意識が、ターンの切り替えの際の後傾姿勢に繋がる。後傾は大腿部の疲労を招く以外に、板の制御性を悪くする。板の角度を変えるなどの、対処をしても、徐々に矛盾が堆積していき、思ったところでターンできなくなるとか、最後には転倒するとかの結果に結びつくので、正しく、板に乗るよう努力が必要である。

ここで重要なのは、垂直荷重を視覚で確認してはいけないことである。視覚で確認すると、つい重力方向を意識してしまい、特に傾斜がキツくなると、後傾してしまうのである。垂直荷重を正しく知覚するには、足の裏の感覚がもっとも適している。滑走中に、ブーツの中で足の裏の踏み締め位置を意識し、スキーの場合にはなるべく拇指球の前後位置の辺りでブーツを踏み締めるようにすると、垂直荷重になる。拇指球が無理でも、せめて土踏まずの辺りで踏み締めたい。ボードの場合には、両足均等荷重を意識するのがよい。

なお、前傾という言葉がしばしば用いられるが、多くの人が後傾していることを正しく戻すよう努力させるための言葉である。本当に前傾してしまうと、回転の制御が難しくなり、やはり制御性が悪くなる。しかし、姿勢ではなく、足の裏の感覚である。これは比較的簡単な意識改革ですむ。というのは、あるときは拇指球であるときは別の地点に荷重するのではなく、滑走中は常に拇指球荷重をすればよいのである。またボードでは常に両足均等荷重を意識すればよい。最初は、信じられないかもしれないが、荷重状態を意識できるようになると、最大傾斜斜面でも拇指球に荷重がかけられるようになり、かつ驚くほど上達するようになる。ぜひ、トライして欲しい。

6.4 スキーのエッジング

スキーの角を立てればエッジングできることになっているが、その際、気を付けなければいけないことがある。特にカリカリの急斜面において、しばしば横スライドが発生する場合には、エッジングが不足なのである。それでは、どのくらいの角度でエッジングする

のがよいのであろうか。

スキー板の裏が斜面に平行に近くなると、明かにエッジングは緩んでくる。逆にスキー板の裏を斜面に垂直に近くすれば、エッジングは強くなるのだろうか。答はその通りなのである。**図 6.6** に示すように、スキーヤーが板を押す力は重心とエッジ場所を結ぶ荷重軸の方向になる。回転中の荷重軸は鉛直方向とは限らないことに注意して欲しい。一方、雪面がスキーを押す力は雪面垂直方向となる。このため、スキーはこれら二つの合力の方向へ滑り出す。(a) のように板が平踏みに近いと、板は谷側へ滑り出す。一方、(c) のように板を山側へ倒すと、板は山側へ滑り出し、その結果斜面に食い込んで行くが、やがて山からの反発力により、それ以上の食い込みは停止する。両者の境が、(b) のように板が荷重軸に対し垂直である場合である。

理論上、(b) の場合、足元では滑りは発生しないが、トップやテールでは板が捻れるため、(a) のような状態になり、実際には谷側への滑りが発生する。また、靴の固定が悪い場合にも容易に滑り出すため、確実なのは (c) のように、板を荷重軸垂直よりも内側へ倒しておかないと、エッジングがかからない。

このようなエッジングは、**図 6.7** に示すように、膝を山側へ入れることで達成される。カービングスキーでは腰を谷側に折ることで十分であるが、古いノーマルスキーでは捻りに弱いため、膝を入れなければならない。なお、上半身を鉛直に近く維持するために、いずれにせよ、腰の折り曲げは必要であると言った方がよいであろう。注意したいのは、回転の際のように、荷重軸が寝ている場合でも、板は鉛直軸が基準ではなく、荷重軸に対して垂直以上に山側に倒さねばいけないので、相当強い意識が必要である。急斜面でスライドが止められない人は、ぜひ膝を山側へ入れて欲しい。

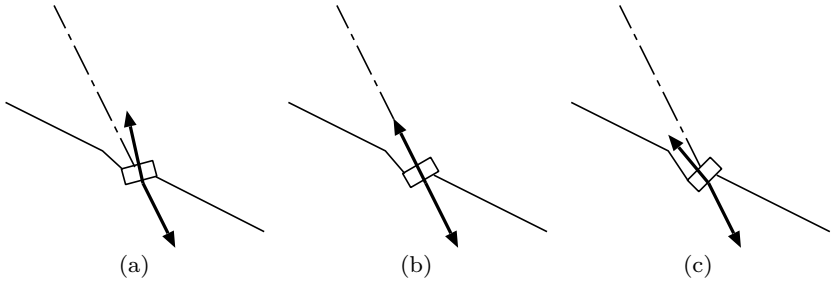


図 6.6　板を山側に倒すほど、横滑りしなくなる

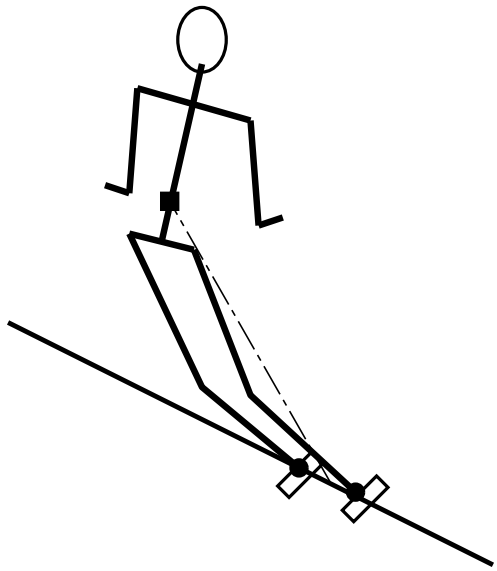


図 6.7　横滑りしないためには、山側に膝を入れなければいけない

6.5　ボードのエッジング

ボードでも、前節で述べた事情はほぼ変らないが、スキーと異なり、板の角度はかなり自由に変えられるため、ほぼ無意識に横滑りを止められる。

余分な話であるが、最近**スノー ボード**（snow-board）を始めた。よく知られているように、ボードは足を横向きに固定するため、左右非対称である。片方のターンは**フロント ターン**（front turn）と呼ばれ、おなか側を回転の中心にするが、反対側のターンは**バック ターン**（back turn）と呼ばれ、背中側を回転の中心にする。問題はバックターンであるが、どうもターンの後、体が谷側を向いてからの横滑べりが激しい。エッジが効いていないからなのであるが、膝を入れれば逆エッジが立つし、膝をいくら伸ばしてもボードの上に突っ立つのが最大である。しかたがないからといって体軸を山側に移すと尻餅をついてしまう。

実は、ボードはスキーとは違うのだから、エッジは膝だけで調整するのではなく、腰も使わなければいけなかったのである。スキーで腰を曲げてエッジングをすると、いわゆるへっぴり腰になり見られたものでないが、ボードでは山を向いた斜滑降では膝を使うが、谷を向いた斜滑降では腰を使うのが常識なのである。スキーヤーから転向されたばかりの方は注意されたい。

ボードについては、スキーと異なる変ったエッジングをすることができるので、紹介しておく。それはボードが幅広でかつスキーに比べ柔らかい「捻れ」を利用したものである。具体的には両足のエッジングの程度を変えることができるのである。例えば、エッジをかけて**斜滑降**（traverse）しているときに、前足の足首の緊張だけを緩めると、前足だけのエッジが外れる。この結果、ボードの前半は横滑りを開始する。つまり、トップが谷側へ落ち出す。これを利用して谷回りのきっかけとすることができる。

あるいは、斜面でエッジを水平にかけて停止しているとき、前足に体重をかけると、そちらのエッジが緩み、それだけで前足方向へやや落下しながら進行し始める。これはボードの前半が横滑りを開始するが、後半のエッジが直線運動をしようという双方の効果の総合結果である。

6.6　本章のまとめ

定常的な横滑りでは、重心を通る荷重軸は板のエッジを通る鉛直線になる。膝の方向によりエッジの強さを変えることができ、それにより降下速度を制御できる。加減速を行う場合、例えば制動をかけるときには重心をやや山側に寄せ荷重軸を山側に倒して、谷向の慣性力に耐えると同時に重心を落す。停止と同時に荷重軸を鉛直に戻し、重心を上げ始める。この重心の谷底付近で最大の減速力が働く。

スケーティングでは、進行方向への撃力と、体を左右に振るための撃力を同時に与えるため、板は進行方向に対し斜めにエッジングされる。つまり、撃力の合力が板のエッジに対して垂直になるように配慮する。

一般にどんな状況でも、板に荷重がかかっている限り、荷重軸は板のエッジに垂直になり、重心は必ず荷重軸の上に来るという「エッジ垂直荷重の原理」が成立する。さらに、安定で疲労の少ない滑走のためには、その際の荷重軸は常に土踏まずを通るのが望ましい。

第 7 章

フラット バーンでのジャンプターン

本章は、本著の肝である。階段のような水平面があるときには、速度が制御できることが理解できたであろうが、ひたすら下っていく、通常のゲレンデのようなフラットな下り斜面でも速度を抑えることができる。ポイントは、エッジングと左右の振りである。その際の速度制御の基本は、何と階段斜面における速度制御と同じ吸収の原理に因っているのである。また、左右の振りがある場合には板を水平にしなくても、斜めに置くだけで、階段斜面と同じように速度制御できることが示される。これが回転のもっとも基本であることを説明しよう。

7.1 フラット バーンでの水平エッジングによる速度制御

第 5 章のように階段状のステップがあるときに、速度制御できるのは理解できるとして、人間はステップのないフラット バーンでも速度制御が可能である。この時の制動は横滑りのような摩擦によるものなのだろうか。先に結論をちらっと見せると、速度制御には、進行方向の摩擦は全く無くてもよい。でも、スキーやボードに重石をくくりつけて滑らすと、どのような**エッジング**（edging）操作を行なっても、速度を殺すことはできない。そこには、人間が乗っていることが極めて重要なのである。

第 5 章では、ステップで構成された「階段バーン」を考えたが、本章では**図 7.1** のように、傾斜した**フラット バーン**（flat bahn）を考える。バーンの最大傾斜の方向を向いた正面水平方向を x 方向、それと直角の方向、つまりバーンが水平に伸びている方向を y 方向、鉛直下向きの方向を z 方向とする。

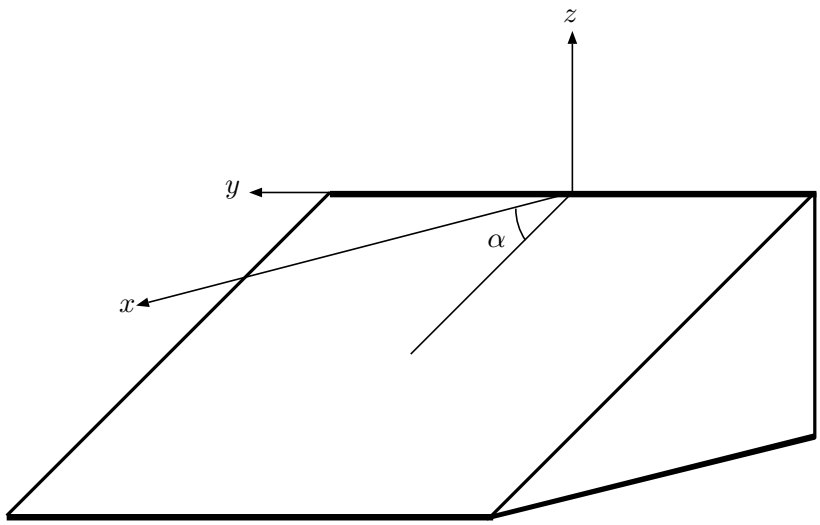


図 7.1　フラット バーン

フラット バーンを階段バーンのように、フォール ラインの方向に板を向けて飛び降りて下降すると、板は接地面から面垂直の撃力しか受けないから、撃力によって上下方向の速度は制御できても、人間はどんどん前方へ加速されていってしまう。つまり、直滑降である。これが、中級者を悩ます前のめりの恐怖であり、ひいては後傾による不安定さに繋がる。

しかし着地の際、板をフォール ラインと直角の方向、つまり水平にエッジングすれば、階段バーンと同じ事ができる。これだと、エッジに対して真上から飛び降り、力を与えると、撃力は鉛直に働くから、結果的に階段下降と同じ方法で下降できる。もっともこんな方法で速度を制御する人はほとんどいない。最大の理由は、格好が悪いというか、横方向に飛び出すのは慣れていないため、安定が悪くかつ敏速にできないため、異様に遅くしか下れないからである。

真下へのジャンプを極限まで細かくすると、第 6 章で述べたように横滑りになる。体は板を滑らかに下方に押しているつもりだが、実は板は細かく滑って止まりを繰り返していることが多い。この場合、運動エネルギーのかなりの部分は、板と雪の摩擦が吸収するよりも人間が吸収している可能性が高い。

あるいは、若干、形を変えて、フラット バーンを斜めに下降する際、利用される。まず、エッジをかけ、次に軽く横向きに板をジャンプするか滑らすかし、再びエッジをかけるといったことを繰り返す滑り方であり、**ギルランデ**（garland,Girlande (G)）と呼ばれる。

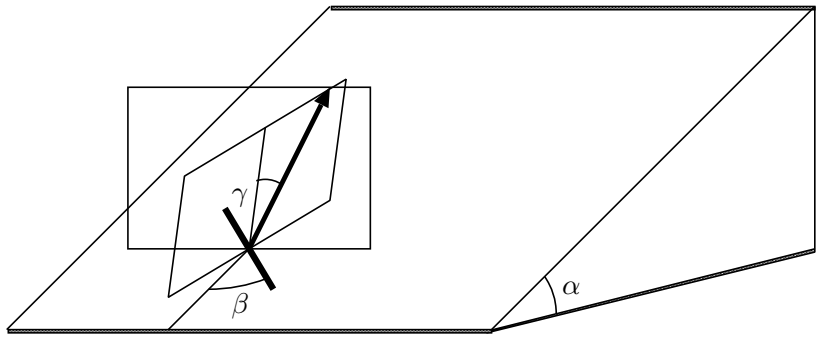


図 7.2　撃力の方向を板に垂直でかつ yz 面に入るようにする

水平エッジングで、斜め方向でなく真下の方向へ下降していくもう一つの方法は、板の向きを毎回逆向きにしていくことである。つまり、右向き水平エッジングをしたら、次はジャンプして左向き水平エッジングで着地し、またジャンプして右向き水平エッジングで着地するといった手法である。この方法ではジャンプごとに空中で板の向きを 180° 回旋する必要がでてくる。板を空中で体軸の真下で回旋させて飛び降りるジャンプ ターンをプロペラ ターンという。実際には次節で示すように 180° よりも少ない角度の回旋によるプロペラ ターンで降下することも可能である。

7.2　フラット バーンでのジャンプ ターン

もう一つのうまいエッジング、かつ実用的なエッジング法がフラット バーンで斜めにエッジングする手法である。不思議なことに、こうすると進行方向の撃力成分をなくすことができるのである。**図 7.2** を見てみよう。

撃力は板に垂直にしか生じないが、うまくすれば yz 面に入るようにできるのである。図には板垂直な面と yz 面が描かれている。この二つの面は必ず交線を持つが、この交線の方向に撃力が来るように操作するのである。この方向の撃力は、明かに x 成分を持たない。しかし、残念なことに、y 成分は残ってしまう。これは y 成分は、体を左右にいずれかに加速することになる。しかし、この加速の影響はジャンプを左右に繰り返すことで消すことができる。右傾斜エッジングと左傾斜エッジングを交互に繰り返すことにより、平均として左右方向の加速をキャンセルすることができるからである。このようにして z 方向の鉛直方向の撃力を得ることができるのである。

前方方向の成分を持たない鉛直方向の撃力を得ることができれば、あとは階段を下るのと同じように、毎回、速度エネルギーを吸収することができ、安定な速度制御が可能とな

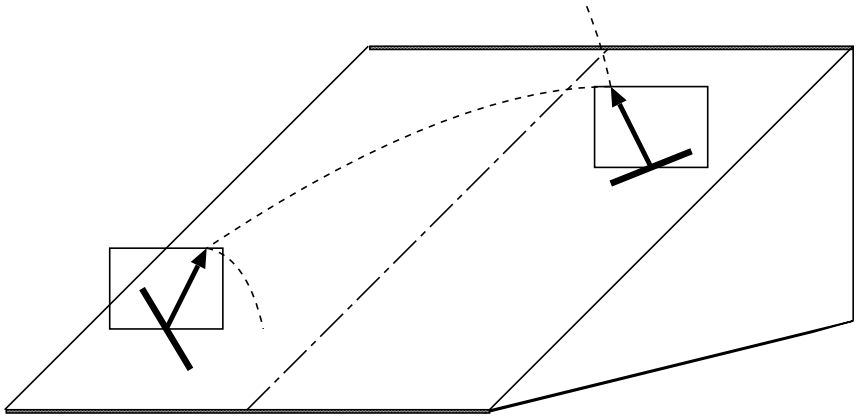


図 7.3　交互に左右に飛ぶことで y 方向の撃力はバランスする

る。これが、言わゆる**ジャンプ ターン**（jump turn）なのである。このような左右ジャンプを行なうには、撃力は天頂方向よりは内向きになる必要があり、そのためには、スキーは最大傾斜より内向きに向けてエッジングされる必要があることに注意して欲しい。

図 7.3 に、このように制御した場合の、板からの撃力と体の重心の軌跡を示すが、進行方向内向き (右向き) エッジングで右向きに弾き出された重心は、次に内向き (左向き) エッジングで左に弾かれ、うまくリズムがとれることがわかる。この様子は、ちょうどパチンコのたまが釘に当たって落ちていく様子に似ている。これが、正しい撃力の掛け方になっている。

一方、この状況を横から観察すると、重心の軌跡は、階段バーンを直線的に下降しているときと同じになっている。これが、斜面のエッジングでも、前のめりにならない原理なのである。もっとも、このエッジングの原理が頭で分かっても、体で理解するには経験の蓄積しかないので、緩い斜面から、徐々に意識していって欲しい。

一方、この状況を鉛直真上の方向から観察すると、重心の軌跡は、完全な直線のジグザグになっている。つまり x 方向には一定、y 方向には一定のジグザグ、z 方向には放物線の繰り返しの構造になっている。

先述のように、実はこれが斜面を安定に下るあらゆるスキーやスノー ボードの基本になっているのである。実際のターンはもっと滑らかなものである。しかし、ここに示したものを基本とし、撃力の継続時間を長目にし、点と点の間も板を地面から離さないようにしたものが、**パラレル ターン**（parallel turn）などに発展していくのである。ありとあらゆるスキーやスノー ボードのターンは、こうした、撃力による速度制御により、安定に降下できるのである。

7.3　板をどのくらい斜めにするか

板の置くべき内向き角度は**図 7.2** の原理図から計算することができる。斜面の傾斜角を α、スキーのフォーリング ラインからのずれ角を β とする。また、撃力はスキーに垂直な面内にしか存在できないが、雪面垂直方向からの傾角を γ としよう。

撃力の大きさを I として、この x, y, z 成分を求めよう。計算にあたっては、まず $\alpha = 0$、$\beta = 0$ とし、γ のみ存在するとして x, y, z 成分を求めると、$(0, -I\sin\gamma, I\cos\gamma)$。次にこれを z 軸を中心に β 回すと、$(-I\sin\beta\sin\gamma, -I\cos\beta\sin\gamma, I\cos\gamma)$。さらに、これらの載った面を α だけ傾けると、三成分が次のように求まる。

$$
\begin{aligned}
I_x &= -I(\cos\alpha\sin\beta\sin\gamma + \sin\alpha\cos\gamma) \\
I_y &= -I\cos\beta\sin\gamma \\
I_z &= I(\cos\alpha\cos\gamma - \sin\alpha\sin\beta\sin\gamma)
\end{aligned}
$$

ここで、撃力が yz 面に入っていなければならないから、$I_x = 0$ より、次式が得られる。

$$\sin\beta = \frac{\tan\alpha}{\tan\gamma}$$

まず板の方向余弦を求めよう。方向余弦とは板の入る直線に置かれた単位長のベクトルの三成分のことである。板のフォール ラインからのずれ角を γ とすると、その y 成分は直ちに求まり、$\sin\gamma$ となる。続いてそのフォール ライン方向の成分は $\cos\gamma$ になるので、斜面の傾斜角を α とすると、その z 成分は -$\cos\gamma\sin\alpha$、x 成分は $\cos\gamma\cos\alpha$ となる。まとめると、板の方向余弦は次のようである。

$$(\cos\gamma\cos\alpha, \sin\gamma, -\cos\gamma\sin\alpha)$$

これと直交する面は次式で与えらえる。

$$x\cos\gamma\cos\alpha + y\sin\gamma - z\cos\gamma\sin\alpha = 0$$

yz 面に入っている撃力の三成分を $(0, I_y, I_z)$ とすると、これが上記の面に入っていなければならないので、次式が成立する。

$$I_y\sin\gamma - I_z\cos\gamma\sin\alpha = 0$$

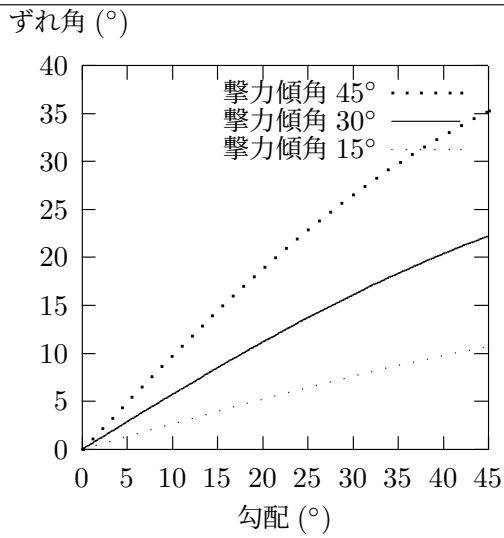


図 7.4　ずれ角の勾配依存性 (撃力傾角 15、30、45°)

これより、撃力の方向を与えたときに、板のとるべきフォール ラインからの角度は次式のように得られる。

$$\tan\gamma = \frac{I_z}{I_y}\sin\alpha = 0$$

ここで、θ は撃力の z 軸から y 軸方向への傾角を示している。この式から、いろいろな勾配のバーンで、どのくらいの角度でエッジングをしなければならないかを求めた結果を、**図 7.4** に示す。傾斜角 α として、初級から中級用の 15°、中級から上級用の 30°、上級用の 45° の三種類を考えることにする。おおよそ、こぶが発生するのが 25° から 30° 以上の斜面といわれている。

30° 傾いた撃力の処理に必要な板のフォール ライン方向からのずれ角 γ を求めてみよう。$\gamma = \arctan(\sin\alpha/\sqrt{3})$ より、着地バーンが水平ならば、この交線は明らかに正面方向を向く。15° バーンではずれ角 8°、30° バーンでは 16°、45° バーンでは 22° のところでエッジングを掛ければよいことが導かれる。およそバーン斜度の半分ぐらい回転させたところで踏み切ればよいことがわかる。ありえないケースであるが、極限的に着地バーンが 90° バーン、つまり鉛直の場合でも、交線は水平より下方に 30° 傾くだけである。つまり、スキーヤーやボーダーにとって、水平バーンなら板を x 軸方向に向け、ひどく傾斜したバーンでも雪面のフォール ライン方向から 60° 傾けた方向に板を向けるだけでよいことが分かる。うんと急傾斜でもこの角度以下でよいことになる。

以上で必要な方向の撃力を得るために、板の置くべき方向は計算できたが、板をそのように置いても、撃力の方向をこちらの思う通りに制御できるのであろうかという疑問が湧いてくる。しかし、それは比較的簡単なのである。重心に対し、着地点をどう置けばよいかで、撃力の方向は一義に決定されるのである。ここで、着地点とは着地した際の板のほぼ中央の地点を意味する。この際、板の体に対する角度をうまく調整して、撃力が重心に向うようにしなければ不安定となる。つまり、足の中央で板を踏みしめるようになっているとすると、撃力は、着地点より重心に向って発生するから、着地点を自分より前に持ってくれば、撃力は、後向きになり、着地点を右寄りにすれば、撃力は左向きとなる。着地点と重心を通る軸に対して、板はある程度回せるが、これにより、板の最大傾斜線に対する角度を調整できることになる。

滅多にないことであるが、着地点が登り坂だったらどうしたらよいのだろうか。この場合は、板の先端を、ターンしていく方向と反対の外向きに向けて着地する必要がある。しかし、普通こうした場合には慣れからやはり先端を内向きに向けてしまうものである。すると、撃力の前後方向の成分はどうやってもキャンセルできなくなり、後ろ向きのショックを受けることになる。したがって、登り坂ではなるべく力を入れないようにして、乗り越え、その先で撃力を与えるようにしないと、尻餅をつくことになる。コブの谷間では気を付けなければいけない対応策である。

7.4　本章のまとめ

本章で一番大事な点は、フラット バーンで、斜めエッジをかけてジャンプしても、左右方向の撃力を左右跳びで吸収すれば、進行方向に垂直な撃力を得ることができ、安定に速度を制御して降下することができる。これがジャンプ ターンの原理である。ジャンプの際の撃力は、左右方向には向いているが最大傾斜の方には一切倒れない。つまり、上半身の方向はほとんど静止しているときと同じで、腰から下だけで板操作をし、かつ足の裏の点が重心の下で左右に触れるだけのイメージである。

その他の多くのターンでも同じ原理で、重力加速度を殺しているのであり、このジャンプするという行為が、ターン終了時の**チェック**（check）に置き換わるという点に気付けば、まったく同じような荷重操作をしていることが理解できよう。つまり、滑らかなターンでも、力学的に重要なのはチェックだけであり、そのチェックの瞬間の板の斜面に対する角度や、板にかかっている重心からの力が、滑りのほとんどすべてを決定しているというのが、著者の主張したい点である。ただし、現在のカービング ターンを中心とするスキーやボードでは、チェックは滑らかさを失わせ、結果としてスピードを殺すため、余り

強調されない。しかし、無意識であっても、この地点付近での加重が速度制御に大きな意味を持っていることは事実である。

第 8 章

滑らかな速度制御

実際のスキーやスノーボードでは、ジャンプを繰り返すと体力を消耗するため、ジャンプターンを使うことは稀であり、ほとんど、滑らかなターンを用いる。しかし、先にも述べたように、滑らかなターンでもジャンプ点に対応する位置が極めて重要である。その付近で板に体重を掛け、板を雪に押しつける。この動作を**チェック**（check）という。つまり、チェックとは撃力を時間的に長目にしたものである。本章ではこうした対比に配慮しながら、滑らかなターンにおける速度制御について述べる。

8.1　階段バーンでの滑らかな制動

前章までで各種バーンをジャンプして下る場合について議論したが、実用的な滑走では、もっと滑らかな力の配分をとる。しかし、滑らかになったと言っても、基本的にはジャンプターンの撃力的な力を分散したものに過ぎない。再び階段バーンを考えよう。

まず、力を分散させると、重心を極めてスムースに移動できることを示そう。簡単のためにとりあえず板の長さを無視しよう。前のステップを抜け出したとたんに足を速やかに伸し、次のステップに足の裏を着け、それから一挙に重力と同じ大きさの力を荷重する。ステップの終了点で荷重を一気に 0 に戻し、再び次のステップに足を移動する。もしこのように理想的に力が出せると、足にはほとんど常時、重力と同じ大きさの力が働くことになる。重心には、この足が踏み締める力の反作用と重力が働くから、合力はほとんど常時 0 となり、重心は直線的に一定速度で降下していくことになり、もっとも滑らかな制動となる。人間の立場で見ると、足を徐々に縮めていくことにより、一定速度で重心を落していくという動作になる。

この降下法で興味深いのは、同じ荷重をしていても、いろいろな速度で降下できること

である。はじめにステップで x 方向に速く滑り出せば、急速に降下していくことになるし、ゆっくりとした初速度で滑り出せば、ゆっくり降下していくこともできる。先に第 5 章でも示したが、板を押している時々刻々の力を $F(t)$ とすると、スキーヤーやボーダー全体にかかる下向の力は $mg - F(t)$ となる。これを一ステップ降下する時間 T で積分すると、全体として加速度はないはずなので、ほぼ 0 となる。つまり、$F(t)$ の一周期分の時間積分である力積を I と表すと、次式が成立する。

$$T = \frac{I}{mg}$$

が得られる。一周期ごとの荷重の力積が大きければいくらでもゆっくり降下できることが理解できよう。初速度をゆっくりにすると、力積は mgT で与えられるから、T が延びるだけ降下時間は長くなる。ジャンプターンのときも力積の大きい立ち上がり系ジャンプの方が、ゆっくり下降できることを思い起こしてほしい。

実際には人間は一気に抜重したり加重したりすることは難しいので、徐々に荷重を増やしていき、徐々に荷重を下げていくことしかできない。ステップ下降の周期が極めて遅いときには、上記のような理想的な下降が可能であるが、実際の滑走では、力を上げたり下げたりする速度が無視できない。というより、実際の滑走では、力を上げていき、最大力に達すると直ぐに力を下げていかざるをえない。

先と同様に、板の長さを無視して議論しよう。すると、前のステップを抜け出したとたんに足を速やかに伸し、次のステップに足の裏を着け、それから徐々に下を押す力を出していき、中央付近で最大力を出し、さらに徐々に力を抜いていき、ステップの終了点で力を 0 に戻すということになる。

ステップを一段下に移動するときには、どうしても一旦荷重を 0 にせざるを得ないので、ここに示した三角波状の力配分が、もっとも滑らかなものとなる。速度が速くなってくると、動作はさらに滑らかになり、荷重は正弦波状となってくる。荷重は常に正または 0 であり、ステップの移動時に 0 になることを考えると、次式のような変化をさせることになる。T はステップに対応する周期である。

$$F = F_0 \left(1 + \sin \frac{2\pi t}{T}\right)$$

一方、重心にはこの足の踏みしめ力の反作用と重力が加わるが、長時間で平均して見ると、重心は加速されないはずであるので、この合力の平均は 0 でなければならない。したがって $F_0 = mg$ が得られる。重心が感じる合力は、下向に $mg\sin(2\pi t/T)$ となるから、

wavy.step.tps

図 8.1　階段ステップを滑らかに滑走する

重心は斜面に沿って滑らかに落ちる運動と正弦波状の運動 $g(T/2\pi)^2\sin(2\pi t/T)$ を組み合わせたものになる。

こうして作られた重心の軌跡を**図 8.1** に示すが、重心は滑らかに上下動していることが見られよう。しかも、ステップの切り替わり点付近で高く、ステップの中央点付近で低くなっている。

多くのターンで伸身屈身を繰り返す理由がわかろう。この場合には、ステップを移動する瞬間に伸身して下へ足を伸ばす。この空中にいる間は抜重状態である。着地と同時にただちに屈身しながら加重を開始する。沈み込んだ最低点付近でスキーにも最大荷重がかかり、重心はその反作用で上向きに最大加速を受ける。さらにステップを乗り越すところを狙って立ち上がる。途中から抜重状態となり、板への荷重は減少していき、立ち上がりきったところで荷重は 0 となり、簡単にステップを跳び出すことがる。

滑走速度が速いほど、周期 T が短くなり、上下動が減ってくる。この辺りの事実は階段バーンをジャンプして降りる場合、立ち上がり系、抱え込み系、プレス系と重心の上下動が減るにつれて速い降下速度になっていたこととまさしく対応している。ちなみに、平均降下速度を $-w$ とするとき、$w=-gT/2\pi$ が成立するときに抱え込み系となり、段差を通過するとき水平に飛出す。ステップの高低差を H とすると、$T=H/|w|$ であるから、上記の条件に代入することにより $w=-\sqrt{gH/2\pi}$ が得られる。この平均下降速度で下降するとき、抱え込み系になり、これよりも降下速度を遅くしたい場合は立ち上がり系、速くしたい場合はプレス系の荷重が必要となってくる。なお、この式は第 5 章のジャンプ系でで求めたものと $\sqrt{2\pi}$ だけずれており、このずれは、荷重を一瞬で与えるか連続的に与えるかの差によるものである。

雪面を踏みしめる力が重力以上、つまり加重しているときには、重心は上向きに反った曲線にしたがって移動し、逆に踏みしめる力が重力以下、つまり抜重しているときには、重心は下に凸の曲線にしたがって移動する。これは、加速度の法則から、どんな場合にも成立する性質であることがわかろう。降下速度を下げようと思ったり、板に大きな荷重をかけようとする場合は、ともかく、重心を下の凸の曲線にしたがって動かす必要がある。

8.2　連続系のターン

パラレルターンのような連続系のターンについても、第 5 章で扱ったように、適切な区間の力積を使って、定性的に解析することが可能である。ターン弧の前半の谷回り部分と、後半の山回り部分に分けて考えよう。また、降下する際、あるフォールラインに絡みついて左右にターンを行うが、このフォールラインを中央フォールラインと呼ぼう。

重心を中央フォールラインに近付くように制御する必要性から、踏み込みに対する雪の抗力は大部分の時間、中央フォールラインに近寄る方向を向いていなければならない。この結果、雪の抗力の力積は、前半でも後半でも、軌跡に垂直であるだけでなく、雪面垂直よりも中央フォールライン寄りを向いている。

この結果、前半の力積は重心をフォールライン方向に加速するように働く。また、重力は、やはりフォールライン方向に加速するから、後半の力積は、最低でも重力の力積を打ち消し、さらに前半の力積も打ち消して減速ように働かなければ、安定な速度制御は不可能となる。つまり、前半は余り板を踏み込まないようにし、後半は強く踏むようにする。

この際、各力積の中央フォールラインを近寄る方向の成分は、余り問題とならない。というのは、半周でのこの方向の総力積は、次の半周の総力積で相殺されるからである。したがって、各力積のフォールラインに沿った成分だけで議論すればよい。

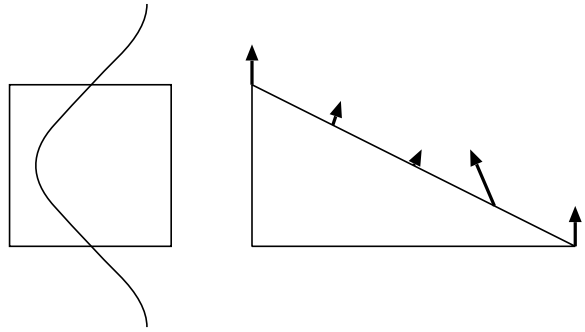


図 8.2　連続ターン中の力積

斜面を真横から見た力積を、**図 8.2** に示す。前半で雪面から板を浮かすと、後半の力積は重力の総力積を打ち消すようにしなければならないのは、本章の撃力の節で述べたようである。前半で雪面に板を付けていると、なにがしかの前上向きの力積を受けてしまうので、後半では、重力の力積を打ち消すだけでなく、前半の力積も打ち消さなくならなくなるため、やや斜面寄りの力積が必要となる。当然のことながら、後半の力積は、重力の力

積の打ち消し分だけ、前半の力積と比べ大きくなる。

8.3　くの字姿勢

ジャンプをする際、板には雪面より横方向の撃力がかかるので、エッジングは不可欠である。ジャンプの横飛びが大きいときには、体をほぼ真っ直にして着地しても、板面が雪面に対し傾いているため、そこそこのエッジングがかかる。

横飛びが少く、かつ板を大きく斜めにしなければいけないときには、腰から下はかなり無理な形をしなければならない。板に垂直に荷重し、かつ上半身はフォールラインの方向に向けたまま、鉛直の方向を向く必要があるからである。具体的には膝をフォールラインと板の方向の間ぐらいの方向に向けて折り込む。このスタイルを**くの字姿勢** (angulation) という。

くの字と言っても、上半身はある程度立てているし、腰も膝も曲げているから、厳密にくの字をしてはならない。あくまでも、上半身をフォールラインの方向へ向けてある程度立て、かつ足底を所定の面と方向に向けるように努力した結果の姿勢を学ぶ必要がある。筆者はベッドの上に上向きに寝転んで、足をいろいろな角度にすることで学んでいる。

また、大きなターンをするときには、体軸と離れたところでエッジングをする必要があるが、小さなターンでは、体軸の傍でエッジングをする必要がある。これもベッドの上でいろいろ学ぶのがよい。習い初めは、大きなターンが中心であるので、体軸に対し、足はもとより、膝も外にして、くの字姿勢をとるのだが、ウェーデルンなど、細いターンになってくると、足は外にしていても、膝関節は内側に置かなければならなくなる。ウェーデルンがうまく行かないときには、膝の位置にも気を付けてみよう。

8.4　等価的な傾斜

前章で述べたように、左右に振ってジャンプを繰り返すと、傾斜地でも、あたかも平地に次々と飛び降りるような効果が得られる。これを直観的でなく、もう少し客観的に記述できないだろうか。ポイントは、スキーがフォールライン斜めに置かれていると、真横の y 方向から見て、体軸を鉛直にできることである。一方、y 方向の傾きの効果は、左右対称の動作により、キャンセルできる。真横から見て、体軸をもっと山側に倒すことすら可能である。

8.5　抜重と加重

速度制御を行う際に重要な概念として、抜重と加重という言葉がある。**抜重**（unweighting）とは、板が雪面を押す荷重が重力によるものより弱くなることを言う。その反作用として、雪面から板、脚を経由して重心を下から押す力も弱くなる。逆に、**加重**（pressing）とは、板が雪面を押す荷重が重力によるものより強くなることを言う。その反作用として、雪面から板、脚を経由して重心を下から押す力も強くなる。荷重と加重は同じ発音で紛らわしいが、荷重とは重さがかかっている、さらに重さだけではなく加速度を引き起こす力も加えた力のかかっていることを言うが、加重、抜重は荷重の増減することを言う。

抜重は、回転などのきっかけとして、板をある程度自由にする際、積極的に利用される。加重は、制動や加速といった重心の動きを大きく変更する際に使われる。速度制御には、これら抜重と加重をリズムにどのように取り入れるかが重要な要因となってくる。

抜重はどうようにしたら実行できるのであろうか。重心は普通、重力と雪面からの力がかかっていて、平衡している。あるいは、直滑降のような場合には、合力は雪面に平行となっている。抜重をすると、この雪面からの力が弱くなり、合力は 0 から下向きになるか、雪面平行よりやや下向きになる。こうするにはどうしたらよいであろうか。実は板全体を上げるだけでよいのである。板を引き付けるような動作を行うと、極端な場合には、板を雪面から一時的に離すことができる。そうすると明かに、雪面からの力はなくなり、重心には重力だけがかかり、完全な抜重が果せる。ジャンプなどで、板が雪面から離れている間はいつも抜重状態なのである。そこまでいかなくても、板を引き付けるような動作を行えば、雪面からの力は弱まるので、抜重は起る。

ナチュラルスタンスから一旦膝を引き付けて、急激に腰を低くするような姿勢をとり、また元の姿勢に戻る屈伸の動作を考えよう。体を縮め始めるときには足からの力は減少する。また屈み動作を停止し、再び伸び始めるまでは、上向きの力が与えられる。最後にもとの姿勢に戻すときには下向きの力で上向き速度を抑えることとなる。

fig/straight.downweight.eps

図 8.3　屈身したときの力

この経緯を**図 8.3** に示す。今回も、上向きの力は一定とし、重力の 2 倍程度と仮定した。また、力を抜いたときは 0 とした。つまり、足からは体重を支える力も出していないとしている。重心には重力もかかっているので、加速度を生み出す力は、上向きのとき

も下向きのときも重力程度となる。この重心にかかる力の反作用は、足が板を押す力となり、そのまま板が雪面を押す力となる。つまり、屈身を行うと、雪面を押す力はいったんほとんどなくなり、次に強くなり、最後にまたほとんどなくなる。この屈身によって雪面を押す力を減らす動作を特に**屈身抜重**（down unweighting）と呼ぶ。

fig/straight.upweight.eps

図 8.4　伸身したときの力

抜重は伸身でも発生する。伸身の経緯を**図 8.4** に示す。先と同様に、上向きの力は一定とし、重力の 2 倍程度と仮定した。また、放物線に近い運動をしているときの力は 0 とした。伸身を行うと、雪面を押す力はいったん強くなり、次にほとんどなくなり、最後にまた強くなる。こうした伸身に伴なう抜重のことを特に**伸身抜重**（up unweighting）と呼ぶ。

こうした抜重は、板に回旋開始など、板を自由に動かしたいときに必要な技術であるので、スキーやスノーボードの教則本には加重よりも強調して記載されている。また、伸身でも屈身でも抜重できると書いてあるが、反対向きの動作で共に抜重ができるのは、いずれも加重と抜重が組み合わせになっており、その中で抜重の時間帯だけを積極的に使うという意味であることが、これらの図からよく理解できよう。また、一般に、屈身抜重では、動作開始直後に抜重が現われるのに対し、伸身抜重では、一呼吸おいてから抜重が現われる。このため、時間的に余裕をとりたい初級者に対しては伸身加重が強調され、上級になるほど、屈身抜重が強調される傾向にある。

加重については、特に名前のついた動作はないが、「踏み締める」「プレスする」といった動作が加重となる。通常、足には体重を支える力が加わっているが、それを意識して増せば加重、減らせば抜重になるのである。このように、足の感じる力により加重、抜重を表現する方法があるが、もう一つは重心のとる軌跡による表現もある。

元々加重も抜重も行わないと、重心にかかる重力と雪面からの合力は、雪面と平行な向きを持っている。この力が前向きであると前方加速、後向きであると後方加速が起きる。加重動作をすると、合力には雪面垂直な、雪面から離れる方向を向いた成分が加わってくる。この結果、下に反った下に凸の形となる。

若干ややこしいのは、加重の結果得られるのは、上向き加速度であって、上向き速度そのものではないことである。重心が雪面と平行に運動しているときに加重動作をすると、**図 8.4** に示した伸身抜重の最初のタイミングに見られるように、重心は徐々に上向きの速度を持ってくることになる。もし、重心が雪面に近づきつつあるときに加重動作を行う

と、図 8.4 の最後のタイミングに見られるように下向きの速度が徐々に抑えられる。あるいは図 8.3 の中央部分のタイミングに見らえるように、下向きの速度が徐々に抑えられ、やがて上向きの速度を持つようになってくる。

逆に抜重を行うと、重心には下向きの加速度が働く。この結果、軌跡は上に反った上に凸の形となる。地面に対する自然落下のような軌跡である。この際も、得られるのは下向き加速度であって、下向き速度そのものではないことに注意して欲しい。図 8.3 の最初のタイミングに見られるように、水平から徐々に下向きの速度を持ってくることもあれば、同図の最後のタイミングに見られるように、上向き速度が徐々に無くなっていき、水平運動に移ることもあれば、図 8.4 に示した伸身抜重の中間のタイミングに見られるように、重心は最初は上向きの速度を持っているが、それが徐々に下向きの速度を持つようになることもある。抜重の極端は、板を完全に宙に上げることである。その場合、重心の描く軌跡を想像すると、上に凸の形の軌跡になることは、より一層理解できるであろう。

なお、スキーやスノーボードのようにリズムを持って運動しているときには、重心にかかる合力の平均は 0 でなければならない。このことから加重ばかり、あるいは抜重ばかりを続けることは不可能である。加重があれば抜重があり、抜重があれば加重がある。一つのリズムの中で、どこで加重し、どこで抜重するかの選び方で、安定に速度が制御できるか、速度不能に陥いってしまうかが決定される。また、速度を殺したいとき、逆に速度を上げたいときも、この加重と抜重のタイミング如何である。念のために、前節のジャンプターンでは、ジャンプ中が完全ない抜重状態であり、着地中が加重状態である。

本節の結論は、「加重とは足に力を入れることで達成され、重心の軌跡は下に凸になる」、また「抜重とは足から力を抜くことで達成され、重心の軌跡は上に凸になる」と言えよう。

8.6　コブ斜面の直滑降

コブ斜面のように下り斜面も上り斜面もある波打った斜面を直滑降する場合を考えよう。下り斜面でも上り斜面でも重心拇指球から、板に対し垂直に描いた直線上にあるのがもっとも安定である。こうした姿勢を前提として力の図を描くと、下り斜面では前向きの加速を受け、上り斜面では後向きの加速を受ける。

この際、加重と抜重のタイミングをうまく選んぶと、一周期で完全に元の状態に戻る安定に速度制御された滑降を行うことができる。また、前向き加速を弱めに後向き加速を強めにして、全体としてどんどん減速されるようにすることもできるし、逆に前向き加速を強めに後向き加速を弱めにして、全体としてどんどん前向きに加速されるようにすることもできる。

例えば、安定に滑るためには、**図 8.6** のように、下り斜面での軌跡を上に凸の曲線とし、上り斜面では下に凸の曲線とするのがよい。上に凸の曲線では、重心は下向きに加速されており、重心が雪面から受ける力は弱い。下に凸の曲線では、重心は上向きに加速されており、重心が雪面から受ける力は強い。一方、図から明かなように、コブ斜面では下り斜面が長めであり、上り斜面は短かめであるので、周期内に受ける前向き加速量と後向き加速量は、これでちょうど平衡がとれ、速度は一周期で完全に元に戻り、安定な滑降が可能となる。

8.7　ターン

滑らかなターンでも、チェックだけに着目すると、ジャンプターンと同じ動作をしていることがわかる。チェックと同時に体の重心は、左右逆向きに反射され、同時に板の真上を越えて谷側へ移動していく。チェックの直後、板は重心に引き上げられ、場合によっては雪面から離れるぐらい抜重される。この間に板のエッジが谷側に移動し、さらに次のチェック点へ向って落下するように自然に弧を描いていく。次のチェック点までには、板の向きが反転するため、谷側にかけていたエッジは自然に山側に移動し、山側から落ちてくる大きな体重に耐えらえるようになる。チェックにより、雪面から受けた撃力により、体重は跳ね返され、谷側へ跳んでいき、再び次の半周期の動作が開始する。

滑らかターンでは、チェック以外のかなりの時間、板は雪面と接触しており、その多くの時間、前向きに加速を受けている。したがって、チェックではやや減速するようにしないと、平均して加速が勝り、どんどん速度が上がってしまう。減速には次章で述べるように、ジャンプターンにおける角度よりもやや内向き気味にすればよい。各チェックの際のエッジの状況、体重の移動などの原則はすべてジャンプターンと一致する。このようにジャンプターンを滑らに繋いだものが、滑らかなターンに変化するのである。したがって、滑らかなターンでも、ここに述べたジャンプターンの原理や技術が完全に成立することを理解して欲しい。

8.8　本章のまとめ

第 9 章

ターンにおける加速と減速

スキーの競技選手にとって、平均滑降速度を上げることは重要な技術であろうし、逆に我々一般スキーヤーにとっては、オーバースピードを抑えることはやはり重要な技術である。このような加速減速をどのように行なうかを統一的に議論しておこう。ジャンプターンのような一瞬しか接地しない場合でも加減速ができること、また、実はこれが回転におけるもっとも重要な加減速のメカニズムになっていることを示す。

9.1　階段バーンでのジャンプ下降における加速と減速

斜面の下降時間を求める際、z 方向の速度を用いて計算するのは、その速度が大きく時間変動するため、あまり容易ではない。しかし、x 方向の速度は一定なので、それを利用すると、比較的簡単に計算することができる。もし、下降の途中で、もっと早く降りたくなったときには、したがって、x 方向の速度を上げればよい。これを加速と呼ぼう。また、もっと遅く降りたくなったときには、x 方向の速度を下げればよい。これを減速と呼ぼう。

第 5 章のような着地点が常に水平な階段状のステップを下降するときには、着地点で受ける撃力は常に鉛直方向上向きなので、x 方向の速度は永久に変らない。つまり、加速も減速もできない。しかし、実際の斜面で、このような階段状ステップがあるのはコブ斜面であり、そこには谷側に向いた斜面も山側に向いた斜面も存在する。

谷側に傾むいた斜面でジャンプすると、撃力はその分、谷側に傾むくため、x 方向の速度は加速されることとなる。つまり、それから以後の下降時間を短かくすることができる。逆に山側に傾むいた斜面でジャンプすると、撃力はその分、山側に傾むくため、x 方向の速度は減速されることとなり、それ以後の下降時間を長くすることができる。

フラットバーンで斜めにエッジングする場合、ジャンプ点で最大傾斜方向に対し、適切な角度でスキー置くと yz 面内の撃力だけを受けるようにできることを示した。つまり、横向きにジャンプするのに必要な撃力と、上下運動を抑える撃力だけを受け、結果的に階段バーンの水平面におけるジャンプと同じにみなせることを示した。

しかし、ジャンプの際、スキーの置き方を最適角よりも少し最大傾斜に寄せると、前と同じ yz 方向の撃力を得ようとすると、必ず x 方向の撃力が生じてしまうことが示される。つまり、加速を受けてしまうのである。また、逆に、スキーを少し最大傾斜から離れる角度に置くと、同じ撃力に加え、$-x$ 方向の撃力が生じてしまい、結果として減速されてしまう。

このことを示すのに次の計算をする。前章と同様に、斜面の斜度を α、スキーのフォールラインからのずれ角を γ とすると、スキーに垂直な面は次式で与えられる。

$$x\cos\gamma\cos\alpha + y\sin\gamma - z\cos\gamma\sin\alpha = 0$$

撃力の値を (I_z, I_y, I_x) とすると、このベクトルは上記の面に入っていなければならないので、次式が成立する。

$$I_x\cos\gamma\cos\alpha + I_y\sin\gamma - I_z\cos\gamma\sin\alpha = 0$$

これから、I_x を得るのに必要な条件を求める式が得られる。

$$I_x\cos\alpha = I_z\sin\alpha - I_y\tan\gamma\cos\alpha$$

正の I_x を得るには、まず、I_z を余り変えないで、I_y を相対的に減らす方法がある。つまり、一回のジャンプだけ、左右のジャンプ幅を減らすようにするのである。しかし、これだと旗門通過のような場合には不通過になってしまう。第二の方法は I_y を余り変えないで、I_z を相対的に増す方法である。この方法は進行方向のピッチを変えるので、やはり旗門通過の場合には適さない。

しかし、同じ I_z、I_y に対し、正の I_x を得る第三の方法がある。$\tan\gamma$ を小さくする、つまりスキーの方向を一回だけフォールラインに寄せるのである。これにより、I_z、I_y を変えないで、I_x を制御することができるのである。左右のジャンプ幅と進行方向のピッチを固定したまま進行方向に加速できるため、旗門通過には最適な加速方法となる。

逆に下降速度を落とすには、スキーをフォールラインから少し離す方向へ向けてジャンプすればよい。この感覚は、滑走中に急停止するときのスキーの角度を想い起してみるとよいであろう。

つまり、フォールライン寄りの角度に置かれたスキーは、直滑降における前向きの斜面と同じ効果を感じ、フォールラインより離れた角度に置かれると、直滑降における登り斜面と同じような効果を感じると理解しておくのがよいであろう。

ジャンプターンでなく、もっと滑らかなパラレルターンやウェーデルンでも、チェックの際のスキーの角度を調整することで下降速度を上げたり下げたりすることが可能である。あるいは通常のチェックポイントよりやや早目のまだスキーがフォールラインに近い角度のときにチェックを入れれば加速し、やや遅目の回り込んだところでチェックすれば減速する。

第 10 章

カービング スキー

現在のスキーやボードはほぼすべてカービング スキーもしくはカービング ボードと呼ばれるものになっている。それに合せてターンもカービング ターンと呼ばれるものになっている。本章ではその回転の原理や技術について説明する。

10.1　カービング スキーとカービング ボード

2000 年の前後に、スキーの作りに大きな変革が現われた。それまで永いこと使われてきた比較的ずん胴な**ノーマル スキー**（normal ski）に大きな「くびれ」が付けられたのである。その結果、スキーはエッジングするだけで、緩い回転を始めるようになったのである。また、ノーマル スキーに対し、撓り易くなった。この結果、遠心力などで圧を加えると、上下に円弧状になり、スキーを寝かせることにより、この円弧に沿った回転ができるようになったのである。この際、括れがあると、スキーを傾けて圧を加えた際、一層円弧になりやすくなる。これが**カービング スキー**（carving ski）である。ボードについては、スキーよりも歴史が浅いため、出現のかなり早くからカービングが取り入れられており、カービングボードといった用語はあまり使われない。なお、カービングとは曲る curve ではなく、雪を切り取るという carve が語源である。

この傾向は 2010 年前後に**ロッカー スキー**（rocker ski）が現われるようになって、一層顕著になった。スキーには一般的に、乗ったとき、板の中央がやや持ち上がるように設計されている。つまり、人が乗ってもトップやテールが少し雪に喰い込み気味になって、回転の切っ掛けとなるトップ エッジがかかり易くなるようにしてある。この反りを**キャンバー**（camber）という。一方**ロッカー**（rocker）とは、人が乗った際、荷重点がやや地面に喰い込むようにしてある。rock とはロッキング チェアなどのように揺らすという意

味があり、rocker とはその目的でチェアなどの足に付けられた曲線状の弓形の構造をいう。ロッカー スキーとはしたがって、より加圧により曲がり易いということで、一言で言うとよりペナペナになったとも言える。元々は、深雪で、スキーが前後方向に逃げないよう、深雪滑走中に中心部が低くなるようにして安定化を図るべく導入されたようであるが、カービング ターンがやり易くなるということで、一般のスキーにも導入されるようになった。

現在はトップ ロッカーという、トップの曲がり部分を曲げ易くしたもの、あるいはツイン ロッカーという、トップからビンディング近くまで曲げ易くしたものなどが見られる。体重で 20cm ぐらい撓るのは当り前で、遠心力で 2-3 倍の力が加わると、50cm ぐらいは容易にしなることになる。したがって、ターンにもこの曲がり易さを前提にした変化がみられる。

10.2　真上からの荷重

カービング ターン（carving turn）の技術書を見ると、しばしばノーマル スキーの技術との対比で、ノーマル スキーではエッジに乗るが、カービング スキーでは常時真上から乗るなどの記載がある。しかし、カービング ターンの写真を見ると、雪に鋭い角付け (エッジング) をしている。そこに違和感を感じる人も少なくないであろう。まず、簡単のために、スキー一本に足一本で、水平な雪面に置かれた板に本当に真上から荷重した場合を考えてみよう。水平に置かれたボードを正面から見たものを想像する方がわかりやすいかも知れない。この場合、言うまでもなく、重心は板の中央の真上にある。これは間違いなく真上からの荷重である。

そのまま、重心の位置を多少左右にずらしても、水平な板に安定に乗っていることができる。もちろん、板が雪面を押す力点も、左右にずれることになる。この場合にも、真上からの荷重である。

次に、板を傾けて、そのサイド エッジに乗ってみよう。バランスをとるのは容易ではなく、重心がサイド エッジの真上に来ていないと安定しない。これがエッジングである。

この話がやや面倒になるのは、斜面に板を水平にして、その上に乗る場合である。板は斜面に平行ではないため、雪が余程柔らかい場合を除いて、当然、板の端だけが雪に接していることになる。正にエッジングしていることになる。この板に乗るためには、重心はそのエッジの真上になければならない。この状態を、カービング ターンでは真上から荷重していると表現するのである。ノーマル スキーはキャンバーが強いため、主としてトップやテールが雪面に接触している。さらに、トップやテールの捻れ剛性が弱く、靴底

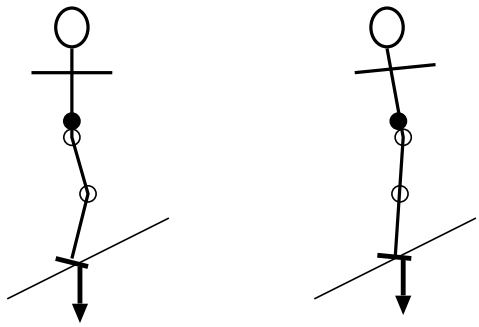


図 10.1　斜面に立つ (左: ノーマル スキー, 右: カービング スキー)

が水平でも、雪面に接しているトップやテールのエッジングは緩んでしまい、このままではエッジが外れてしまう。このため、板中央では水平より強いエッジングが必要となる。この強いエッジングを実現するには、**図 10.1** 左に示すように、膝を山側に入れて、いわゆる「くの字姿勢」をとる必要があった。

カービング スキー/ボードでは、ロッカー的であり、中央付近まで雪に接することになる。さらにロッカー スキーでは、中央は完全に雪に接している。このため、ノーマル スキーに比べ、雪への食い付きがよい。それでも、ややエッジをかけた方がエッジが外れにくい。通常は**図 10.1** 右に示すように、腰をやや曲げ、腰をほんの少し山側へ入れるだけで十分である。足は板をほぼ垂直に踏むことになる。ただし、これは前方から見た図である。このため、ノーマル スキーでやかましく教育していた膝入れの代わりに、緩い腰入れに切り替わったのである。側方から見ると、踵が靴でやや前方に曲げられているため、膝を若干折り、重心がスキー上にきた形となる。なお、ノーマル スキーでは、トップに荷重をかけるために、拇指球を意識するが、カービングスキーでは土踏まず、さらに、トップの曲がりやすいロッカー スキーでは踵荷重でよい (だからといって、踵より後に荷重する後傾はよくない)。

ターン時には、この話に遠心力が加わる。つまり、**図 10.2** に示すように、重力と遠心力の合力の方向にほぼ垂直に板を置けば板は横滑りしない。若干のエッジングは、合力の力線より若干上体を立てれば、重心線よりも足がやや内側にくるため、板には若干横滑りを妨げるようなエッジングがかかる。足元の意識としては、板にほぼ真っ直ぐ乗っていることになる。これが、真上からの荷重と呼ばれる用語の実体である。以後、誤解を招かないように、板の「面に垂直荷重」と言おう。カービング ターンはすべての時間で、この面に垂直な荷重だけでターンすることが可能である。

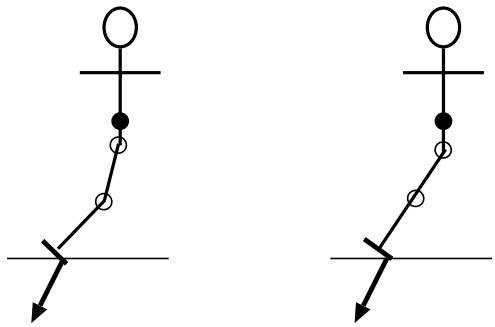


図 10.2　遠心力のある場合 (左: ノーマル, 右: カービング スキー)

10.3　ターンの維持

まず、重要なターンの途中の滑りについて説明しよう。児童公園などに置かれている螺旋状などの曲面滑り台を想像して欲しい。多くの滑り台は回転方向には徐々に落ちていくが、半径方向には水平である。このため、速度が速いと外に振り出される傾向がある。これを阻止するには外側を高目にする**カント**（cant）と呼ばれる片勾配を付けるのがよい。道路などでは**バンク**（bank）とも呼ばれている。このような曲面を雪で作り、その上をスキーやボードで滑り降りると、適切なカントが付けられていれば、板を雪面にベタッと付けたまま何らエッジングをしないで回転しながら滑り降りることができる。以下、ボードも同じ原理で回転するので、いちいちボードとは断らない。その場合、スキーヤーは、正に板に垂直な荷重をかけていればよいことは容易に想像できよう。

さて、通常の傾斜バーンを降下する際には、バーンは平面であり、カントのついた曲面を構成していない。しかし、スキーの板でエッジングすれば、平面と自由な角度を付けることが可能である。そしてその角度は人間の意志で自由に決定することができる。その板の角度が常に足に対し垂直になるようにすればよいのである。回転中に、遠心力によってスキーが撓るため、さらに**ベンド**（bend）(曲がり) が発生し、正に曲線を構成する。

滑る立場でやや具体的な表現で示せば、重力および遠心力で撓ませた板のエッジ全体が丁度雪面の平面に接触するようにして、かつ雪面に喰い込んだ状態にし、そのままその曲線に沿って滑り降りた際に、**図 10.3** に示すように、板の裏が作る曲面がカントのついた曲面滑り台の曲面に対応することになる。最大傾斜の方向が徐々に変化していき、かつ斜度も徐々に変化していく曲面上の滑り台である。スキーヤーはこの板の作った仮想的な曲面に垂直に乗って、滑り降りればよいだけである。実際、カービング ターンができるよう

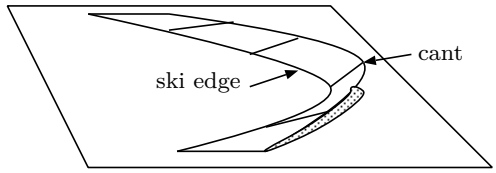


図 10.3　カービング ターンではエッジングで作られた曲面滑り台にベタッと板を付けて滑る

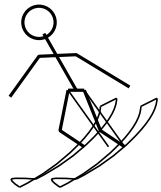


図 10.4　カービング ターンでは内スキーの膝は大きく曲げる

になると、回転中は回転するという意識よりは板を垂直に押しているという意識の方が強くなる。

本当の曲面滑り台ならば、左右のスキーは揃えて滑り降りることが可能であるが、雪の傾斜を滑り降りる場合には、曲面はスキーヤーが自らスキー板で斜め平面にエッジングにより作っていくものであるから、左足の作る面と右足の作る面は同一ではない。**図 10.3** のように滑り降りる時、右足の作る曲面は左足の作る曲面に比べ、随分体に近く存在することになり、そこ結果、内側のスキーは外側のスキーに比べ、体に近寄らせておかなければならない。無論、この話は明かにボードには無関係な話であるが、スキーの場合にはかなり深刻である。左右のスキーは別々の滑り台を滑ってくると表現してもよいかも知れない。外側の膝は伸びきってはいけないが、かなり伸ばしておく。一方、内側の膝はかなり折らなければならない。**図 10.4** に、もし右足を左足と同じだけ延したときの位置を示しているが、それより、右スキーはかなり体に近付けられており、かつ両足首の角度が固定されていることから、内側のスキーは外側のスキーより前に出ている。この状況は、次のターンの開始のちょっと先まで続き、スキーの外エッジがかかりだしてようやく解消する。

なお、体の構造から、内側の板の傾きの方が弱くなりがちであり、その結果、両スキーが寄ってきてしまう。できれば線路の二本のレールのように一定の幅で動かしたいので、内側の膝を外側の膝から離すような努力が必要である。例えば、左手で右膝を右へ押しながら回転するような練習が必要となるかも知れない。

また、伸びた足の方が曲げた足よりも力を入れやすいことから、通常、外足に 70

10.4　ターンの開始

ターンの際は、回転の内側のエッジを立てているから、左周りのターンから右周りのターンへ切り替える時には、左エッジングを右エッジングに切り替える必要がある。このエッジの切り替えは、慣れれば何でもないが、初心者にとっては、重心を板の真上を通過して谷側に移動する作業になるため、それなりの勇気が必要になる。そこで、まずは恐くない方法でエッジの切換えを習得するのが定法である。初中級では、プフルーク ボーゲン、ステップ ターンといって、スキーをハの字の形にすることで切り替える。上級では、レール ターンといって、二本のスキーを一定の間隔のシュプールを描くように滑る。パラレル ターンとも呼ばれる。

プフルーク ボーゲン（Pflug Bogen (G)）とは、いわゆるハの字ターンのことである。プフルークとは鋤、ボーゲンとはターンのことであるので、鋤き込みターンを意味する。[*1] 緩い斜面の下を向き、スキーを体に対し左右対称に逆ハの字に開き、両スキーの内エッジを少したて、前方にスキッドしていく。右にターンするには、ターン外側になる左スキーのエッジを強く立てると同時に、内側となる右スキーのエッジは緩める。かつ左スキーを押して撓ませる。すると撓んだ左スキーのエッジに沿って、右へターンが開始する。それには、左足をやや伸ばし気味にし、かつ、外側スキーの内側のエッジを捻じり込むようにして力を掛ける。一方、右スキーは膝を起し気味にして雪面にフラットになるようにする。うまく回転し始めたら、左の板に垂直（鉛直ではなく、板に直角）に乗るようにする。つまり、ターンに大事なのは、外側スキーの内側エッジということになる。

右 45deg ぐらいにターンしたら、次は左ターンに移る。今迄、内側であった右スキーを足を伸ばしながら捻じり込むようにしてエッジングする。一方、今迄外側であった左スキーは雪面にフラットになるようにする。ターンが開始したら、外側スキーに正しく乗るように意識する。一口に外側スキーと言ったが、半回転ごとに左右が入れ替わるので、そのことを十分意識することである。

プフルーク ボーゲンはずっとハの字の形を崩さないが、この形をターンの開始時にだけ使うことが可能である。まず、左下へスキーを揃えて斜滑降しているところから始めよう。ターン開始時に、谷側つまり右側のスキーに体重を載せたまま、山側、つまり左側の

[*1] プフルーク ボーゲンと**プフルーク ターン**（plow (plough) turn → Pflug Bogen (G)）を別のターンのように記載してる書もあるが、本来の意味からはまったく同じものである。

スキーを押し開く。その時、山側の左スキーは弱く内エッジを掛けて開く。続いて、左足を捻じり込むように押しながら、プフルーク ボーゲンの形でターンを開始する。ターンが始まったら、各人の能力に応じ、できるだけ早く内側の右スキーを寄せる。寄せるには、右スキーの内側エッジが引っ掛からないように、若干、内側を上げるように、外エッジをかけるとよいだろう。このプロセスの間も、絶えず外側スキーを意識すべきである。このように、山側の足を開き出しして一旦軽いハの字の形をして、前の回転の外側エッジから次の回転の外側エッジへ切換えてターンを行うことを**ステップ ターン**（step turn）と呼ぶ。

慣れてきたら、徐々にステップ時の開く角度を減らしていく。開き角が 0 になった瞬間、**パラレル ターン**（parallel turn）となる。とは言え、最初の斜滑降からどのようにしたらこの曲面滑り台のモードに入れるのだろうか。例えば、最初、斜面の左下へ滑走しているとしよう。右へ回転したいとした場合には、両方の板に右エッジがかかるように板の左側 (回転の外側) を上げればよい。カービングスキーの場合には、左腰をやや前方へ回転する。左の山側スキーをやや前方に出すと表現する人もいるし、左肩を回転して上半身を谷に向けると表現する人もいるが、要はこうした行為の結果、左右のスキーの左側が上がって右エッジになればよいのである。

すると、最初はスキーの右エッジの曲線 (ウェストが細い) にしたがって、スキーはゆっくり右回転を開始する。そして、さらに体を回転の中心に移動していくことにより、板を押す力は上からだけでなく側方も向いてくるので、板にはカントが付いてきて、より撓るようになる。これにより遠心力が発生し、スキーは益々撓るようになる。そして、スキーの右エッジの曲線の曲がりよりはるかに急ピッチで曲がり始め、前節で述べた曲面滑り台を回転しながら下れるようになるのである。

ここまでの過程で、足は常に板を垂直に押していることに着目してほしい。また、最初の内エッジをかける過程以外にはエッジの意識はなくしてほしい。いや、最初のエッジングですら、腰から上の上半身の向きが変っただけであり、エッジをかけるという意識は持たないようにした方が連続的な移行が可能である。

10.5 クロス オーバー

前の回転から次の反対向きの回転に変る際、重心が板の真上を通過する。そのことを**クロス オーバー**（cross over）という。まず、前の回転の終了時であるが、垂直押しをいつまでも続けていると、トップが上を向き始めてしまい、山に乗り上がってしまう。これは、速度を殺し過ぎてしまうばかりでなく、リズムも狂わしてしまうため、適度なタイミ

ングで緩めていくことが必要である。また、トップに重心をかけ続けると、トップ エッジが山回りを誘うことから、少なくとも回転終了までには踵荷重に変えていく必要がある。

回転終了直前に板がガクガクとズレ始める場合には、終了時に体が山側に逃げて、エッジングが弱まることによる。上半身を立てると共に、膝を正しく前方に向ける必要がある。なお、足と靴の相性が悪いとか、O 脚の場合もあるので、姿勢で直らない場合には、靴のチューニングをするとよいかも知れない。

無事に回転が終了し、左右の高さの差もなくなってくると、一旦、板は雪面に平行(**ニュートラル ポジション**（neutral position）) になる。その後、重心はそのまま谷方向へ移動していくから、ほぼ何の努力の必要もなく、内側エッジに移動していき、次のターンに移れることになる。ただし、緩斜面のロング ターンの場合には、意識して内側エッジに乗り換える必要があるかも知れない。また、速いターンの場合にも、積極的にエッジを切り替える必要がある。これら場合には、再び、腰から上の上半身を谷側に向けてエッジを切り替える。

10.6　カービング スキーの構造

カービング板のサイド エッジの回転半径は 10m-20m ぐらいである。したがって、この構造だけでは、ロング ターンはできても、回転半径 数 m のショート ターンはできない。しかし、板の中央部を板下向きに押すと、板が撓み、エッジは半径 数 m の回転半径を持つようにできる。撓みのことを**ベンド**（bend）という。平踏みでは雪面の抵抗が大きく、ベンドをつけることは不可能であるが、足を横方向に倒していくことで、板を雪面垂直に近付けていき、かつ足から水平に近い方向の力をかけることで、所望の半径を得ることになる。板の撓み量は大したことないと考えがちであるが、板のベンドが片手の握力で簡単に潰せることを考えれば、体からの力がかかったときの撓み量が 20-30cm 程度になると言っても信じられよう。20cm 撓むとすると回転半径 170cm、30cm 撓むとすると回転半径 120cm となる。

一般に、カービング ターンは、板の横ずれが少いので、同じ大きさの回転弧を描いた場合、減速量が少いと考えられている。しかし、減速には第 5 章で述べたように、重心の沈み込みの効果の方が大きく効くので、この言い分はやや迷信的である。むしろ、カービング ターンは、回転中に板がずれないため、安定性の高いことが特徴と言える。例えば、突然アイス バーンに入っても、後に述べるスキッド ターンだと、明らかにスキッド方向に急に滑ってしまいバランスを崩してしまいがちであるが、カービング ターンではエッジが外れない限り、横滑りは発生しないので、安定なターンが可能である。いずれにせよ、

ドリフト ターンで回っているスキーヤーやボーダーはカービング ターンを目指すべきである。

従来の板である**ノーマル**（normal）板は、側面の形状はやや軽い円弧状ではあるが、もっと直線的である。しかしこうしたスキーでも、ベンドを利用したカービングターンはまったく不可能という訳ではない。その際、トップに強い圧力をかけることにより、鋤き込み回旋を誘導し、さらに大きく撓ませることができる。つまり、カービングに入ったら、重心を前にかけることにより、より大きく撓ますことが可能となる。

ノーマル スキーによるカービング ターンの際、チェックの後、そのままエッジを切り替えても、通常の体重による荷重しかかけられないことと、スキーの下に雪があることにより、スキーはあまりベンドせず、大きな回転弧しか得られない。スキーを体の側方に持ってきてより寝かし、かつ遠心力を利用して側方から押すことにより、大きなベンドを得ることができる。さらに、このように置いた板には鋤き込み回旋トルクによるトップへの前圧も働くため、スキーをさらに大きくベンドさせることができる。この際、ある程度高速で大きな遠心力を得られるようにした方が効果的である。

トップにかかる前圧を感覚する一番簡単な方法は、**プフルーク ボーゲン**（Pflug Bogen (G)）である。山側のスキーを僅かに「ハの字」に開き出し、それで軽く制動をかけるようにする。この際、内スキーは平踏みし、外スキーはずれが発生しないよう内エッジをかけ、さらに荷重すると、外スキーにはベンドが発生する。直ちに、外スキーに体重を移動し、カービング ターンの体勢に入る。このハの字に開き出した直後にトップの前圧を感じることができる。また、スキーを横にして側圧をかけるという感覚も理解できよう。

第 11 章

ノーマル スキー

2000 年のころにカービング スキーやカービング ボードが出現するまでのスキーは、もっと板中央付近の腰のくびれも少なく、たわみにくいまさに板に近い**ストレート スキー**（straight ski）であった。ちなみに、このころはボードはなかった。ストレート スキーは簡単には回転せず、それなりの技術を必要とした。また、それ故、何故回転するかについても、いろいろな議論があった。本章ではその回転の原理や技術について説明する。なお、カービング スキーが出現したころ、これとの対比で、それまでのストレート スキーは**ノーマル スキー**（normal ski）と呼ばれるようになった。この用語の方がよく使われるため、本書でもノーマル スキーと呼ぶこととする。

前にも述べたように、斜面を曲がりながら下ることを**ターン**（turn） と呼び、人間や板が体軸付近を中心に、その方向の変わることを**回旋**（spin） と呼ぶことにする。つまりターンとは板の回旋を伴いながら、人間と板が曲線的に移動していくことを言う。この章では、まず板の方向が何故変わっていくのか、またどうしたら変えられるのかについて述べる。また、板の方向は雪の上を滑べっている時だけでなく、空中でも回旋する。この章では、空中での回旋も含めて議論する。さらに、人間、つまり重心や板がどうして曲線的に移動できるのかについても説明する。なお、本章では要素ごとの説明を中心とするため、具体的な各種ターンにおける回旋と重心移動のようすについては次章で説明する。

11.1　ターンの維持

まずターンの中心である回転中のターンの維持について、少し、理屈っぽいところから話を始めよう。ノーマル スキーは極めてストレートであることから、ターンを続けるためには、スキー板は前方に進むだけではなく、雪面を側方にもずれて移動しなければなら

ない。実際には、トップの方の横ずれは少なく、テールの方が大きいため、ターンしていくのである。このため、こうしたターンは**スキッド ターン**（skid turn）と呼ばれる。**ドリフト ターン**（drift turn）や**スライド ターン**（slide turn）というのも同じ意味である。重力の方に横ずれしていくのは比較的容易に理解できるのであるが、ターンの前半は明かに弧の外側である山側の方にずれていく。

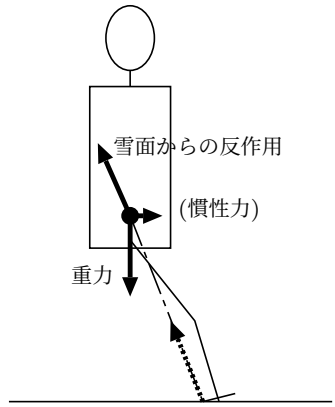


図 11.1　平地での横滑り

まず、もう少し、理解の楽そうな平地に向って速度をつけて降りていき、平地に着いた途端に板を進行方向に直角に置き、慣性で横滑りしていくときの力学を考えよう。この際、安定に横滑りを続けるには、まず慣性で走り続けている必要がある。さらに、板はほぼ平踏みから若干のエッジをかけた状態とする。そのときの力の関係を**図 11.1** に示す。重心に実際にかかる力は重力と雪面からの反作用である。この二つの合力は図中左向きとなり、右向きの速度を徐々に落としていくことになる。加速度を決める合力 $\mathbf{F}$ に対し、$\mathbf{F}_a = -\mathbf{F}$ を慣性力と呼び、動いている人間はこの力も感じる。電車がブレーキをかけた時に感じる前向きの力である。この表現を使うと、人間には重力と雪面からの反作用と慣性力が働き、これらの合力は 0 となる。

この際、もし、やや前傾してトップのエッジの方を強めにしていると、スキーには偶力が働くため、スキーは回旋を始めることになる。さらに、この話を平地に入ったとき、板を進行方向に近く、やや左に向けておき、さらにトップ エッジングすると、スキーは反時計回りに回り始めることになる。これが**スキッド回旋**（skid spin）と言われるものである。回旋が始まると、速度低下に伴なう慣性力に加え、**遠心力**（centrifugal force）と呼ばれる慣性力が進行方向垂直かつ水平に働くようになり、これも、板の横滑りを維持する。

ノーマル スキーの場合には別の効果も働く。板のトップは雪に潜り込まないように、

いわゆる**トップ ベンド**（top bend）と呼ばれる曲面で立ち上げた形にしてある。板が水平に置かれて滑っているときには、直滑降のときであろうと、斜滑降のときであろうと、トップ ベンドに働く雪からの力、いわゆる前圧は、トップ ベンド底面に垂直でなければならないので、上後方を向く。つまり、トップを押し上げて潜らなくする力と、前進を阻む若干の抵抗力となる。しかし、板を斜めにすると、この力は相変わらずトップ ベンド底面に垂直に働くから、板を鉛直軸に対し回転させる成分を持ってくる。力は僅かであるが、重心に対し遠いところで働くため、結構なトルクとなる。このトルクによる回旋は特に名前がないが、本書では**鋤き込み回旋**（plow (plough) spin）と名付けよう。

これらの回旋の原理は、斜面を降下している間でもおよそ同様である。板は常に進行方向に対し、やや斜めに置かれており、また遠心力も働き、さらに内側のエッジが緩く掛かっているため、常に前方に横滑りする。トップ エッジング気味にすることにより、トップ エッジの摩擦が大きくなり、鋤き込み効果も加わって回旋を継続するのである。

なお、実際のスキーを見てみると、実は靴の取付位置はスキーの中央よりやや後方にある。つまり、普通に立つと、人間がスキーを押す力の力点はやや後方となるため、横滑りをするだけでスキーには回転トルクが発生し、回旋をすることになる。また、力はトップの方が強いが、ずれ量はエッジの甘いテールの方が大きくなり、**テール スライド**（tail slide）と呼ばれる。

エッジングの仕方と回旋トルクの大きさにより、種々の弧を描くことができる。エッジングが弱いと横滑りの要素が大きくなり、板は大きくずれながら回旋する。エッジングが強すぎると、エッジの抵抗が大きすぎて、回旋すら始まらない。やや弱めると、テールはやや横滑るがトップは横滑りの少ない回旋が成立する。これが比較的安定で望ましいスキッド回旋である。うまく制御すると、トップは僅かに切れ上がる程度で、回旋することもできる。

小回りのターンのように動きが速くなってくると、前のターンにおける板の回旋の慣性によって、板が回り続ける効果が出てくる。つまり次のターンに入る際、すでに板は回旋しているので、特に意識せずとも、次のターンに入れるのである。これを**ねじり回旋**（twist spin）という。その場合、意識すべきはエッジングだけである。前のターンにおける内エッジは次のターンでは内外が逆転するため、外エッジになる。これを前のターンの終了するまでにフラットにし、次のターンの内エッジに切り替える必要がある。

11.2　ターンの開始

斜面左下方向に緩やかに斜滑降で下っているとき、右下向きにターンを開始しようとする。その場合は、腰から上を最大傾斜方向にやや捻じる。こうすることで、板には軽く内側のエッジがかかる。内側というのは、ターンの中心側という意味である。ターンの開始はスキーの内側を軽くエッジングすることから始まる。ターンの当初は、谷側といってもよいが、ターンの終了時まで常に内側のエッジングを続けるため、谷側エッジングは最大傾斜を通過した瞬間から山側エッジングになるため、この場合には谷側/山側という用語はあまり適切ではない。このため、内側エッジングという。これにより、サイド カーブに沿って回転が始まる。ややトップに重心を掛けていると、鋤き込みの力も加わり、より回旋が促進される。さらに、進行方向に対し、板が角度を持って置かれるようになると、トップ エッジに対する雪面抵抗によっても回旋は促進される。

エッジをかけるには、腰を谷に向け、「くの字」姿勢をとるのがよい。ノーマル スキーはトップやテールの比較的遠方のエッジを使うため、カービング スキーに比べ深めのエッジングが必要である。このため、やや曲げた膝を谷側に回し込むことにより、膝の動きを追加した「くの字」姿勢にする必要がある。

通常は両スキーのエッジをかけるが、内側は雪面にフラットにして一切エッジングをかけず、外スキーのみエッジングする方法もある。現在のカービング スキーの場合、エッジングだけで緩い回旋が始まる。ノーマル スキーの場合にも、サイド エッジに沿った回旋はない訳ではないが、その効果は少なく、極めて大きな回転半径のターンしか始まらない。そこで、ノーマル スキーの場合には、内側エッジをかける際、板を進行方向に対し、若干、内側に向って斜めに置く工夫が必要である。ノーマル スキーでも、初中級では、プフルーク ボーゲン、ステップ ターンといった方法をとる。上級では、パラレル ターンとなる。

ハの字ターンの**プフルーク ボーゲン**（Pflug Bogen (G)）の場合、緩い斜面の下を向き、スキーを体に対し左右対称に逆ハの字に開き、両スキーの内エッジを少したて、前方にスキッドしていく。左スキーのエッジを立てたまま、右スキーのエッジを緩めると、右へターンを始める。まず、このようなエッジングを実現するには、腰を含め、上体を右へ向ける。その際、左のエッジが立ち、右のエッジが緩むことを確認する必要がある。さらに、重心をやや前に移動して、左スキーのトップ エッジングが掛るように意識すべてきである。そうでないと、左スキーは真っ直ぐ動こうとしてしまい、ターンしてくれない。必要な回転が終ったら、今度は腰から上を逆に動かし、右スキーのエッジを立て、左エッジ

を緩める。そして、左へターンしていく。これが上手くできるようになったら、回転の外側のスキーにだけ意識を持つようにする。つまり、大事なのは外側スキーということである。外側スキーは半回転ごとに左右が変るので、そのことを十分意識することである。

プフルーク ボーゲンはずっとハの字の形を崩さないが、この形を、ターンの開始時にだけ使うことが可能である。まず、左下へスキーを揃えて斜滑降しているところから始めよう。ターン開始時に、谷側つまり右側のスキーに体重を載せたまま、山側、つまり左側のスキーを押し開く。その時、山側スキーは弱く内エッジを掛けて開く。続いて、プフルーク ボーゲンの形でターンを開始する。回転が始まったら、各人の能力に応じ、できるだけ早く両スキーを揃える。このプロセスの間も、耐えず外側スキーを意識すべきである。このように、山側の足を開き出しして一旦軽いハの字の形をして、前の回転の外側エッジから次の回転の外側エッジへ切換えてターンを行うことを**ステップ ターン**（step turn）と呼ぶ。

この開き出しを徐々に狭めていくことで**パラレル ターン**（parallel turn）となることも、カービング スキーの場合と同様である。エッジの切り換えは、クロス オーバーで行われることも同様である。ただし、この際、板が雪面にフラットになることを利用して、スキーの方向も進行方向より谷向きになるまで回しておくことが必要である。今、反時計回りの左ターンから時計回りの右ターンに切り替わるタイミングであるとしよう。板は、前のターンでは徐々に左回りに回旋しているが、チェックの点で回旋は停止し、そこからは反動で徐々に右回りに回旋しようとしている。チェックの直ぐ後にクロス オーバーによってニュートラル ポジションとなるため、板は一気に右に回旋し、逆のエッジングをする時には、進行方向より若干谷側に向くようにするのは容易である。ここから、前進しながら横滑りをし、右ターンを仕上げていけばよい。

このイメージがはっきりするのは**ジャンプ ターン**（jump turn）である。ジャンプ ターンでは、7 章で述べたチェック ポイントから次のチェック ポイントまでジャンプすることにより、降下していく。当然、各チェック ポイントでは、捻りを伴なうジャンプをして、次の着地点では、板の向きがほぼ反転するぐらい、回転させなければならない。チェック ポイントで着地する際、捻れ反動を利用して、逆回転させる必要がある。これが、体からの反力と呼ばれるスキーの回旋を維持する力の一つである。

空中へ跳び出す時に体に捻れを与えておき、跳び出すと同時にその捻れを開放すると、スキーを逆の角度に設定することができる。ジャンプ ターンでよく行われるのは、上半身をやや斜面フォール ラインより外向きに向けておき、着地の際のスキーの方向との差を、踵や膝や腰の関節へ溜め込むのである。すると跳び上がるだけでスキーは体の正面方向に向き始める。さらに回旋の慣性によって、ちょっと足でトルクを補助するだけで、さ

らに逆方向に左右対称の同じ角度まで回旋が進行する。この際、上半身も左右対称のやや外向きに向くことになる。これが**ねじり回旋**（twist spin）である。スキーが地についた普通のターンでも、このねじり回旋を利用して、クロス オーバー付近で、スキー板を回しているのである。特に早いリズムをとるウェーデルンのような小まわりの**ショート ターン**（short turn）などで積極的に利用される。これについては後節を読んで欲しい。

スキッド ターンは簡単に回旋量が制御できるため、便利な回旋手法であるが、速く回そうとすると、スキーの後に体重をかけることから後傾気味となり、またテールが谷側へ逃げていくことから内傾にもなることから、次の動作への体の動きが消極的になるという欠点を有している。

第 12 章

ターンの実際

力学的に理解しやすいターンと、恐怖感を感じないように習熟していくべきターンとは、おのずからその習得順番が異なる。本章では前章とほぼ同じ内容を、著者が学んできた順番に沿って説明を試みる。著者がスキーを始めたのは、もう 30 年以上前であるので、努めて新しいスキー技術に合せて記述したものの、ここに示す技術や教え方には、かなり古いものがあるかも知れない。しかし、スキーの滑り方の根源は変わっていないと思われるので、適宜、間引きしながら、また現在の教程を意識して読んでいただきたい。

とはいえ、昔のドリフトターンと現在のカービングターンでは、弧の作り方にかなりの差がある。この辺は、その都度意識して書きわけていく積りである。

なお、スキーのゴールはパラレルターンであると言っても過言ではない。[*1]本章は教程の順を意識して節を並べたが、特に始めの方の節は、ゴールがパラレルターンであることを意識して読んでいただきたい。

12.1　プフルークターン

最初に学ぶターンは、多くの場合、スキーをハの字にしてターンする滑降法であり、と呼ぶ。ハの字のまま常時脚を開いて滑べるのであるが、日本ではボーゲンと略称されている。[*2]

これらのターンの仕方は、**図 12.1** のように、まず、ワイドスタンス (wide Standt) でスキーに乗り、スキーをハの字の形に置き、ターンの外側になるスキーの足の股関節を少

[*1] 出口沖彦:「スキー技術の基本はパラレルだ」スキージャーナル社

[*2] ボーゲンはターンのドイツ語であるので、常時開脚の場合だけをプフルークボーゲンをボーゲンと呼ぶのは日本独自の呼称

fig/turn.plough.eps

図 12.1　プフルークボーゲン

ししゃがむように曲げる。当然膝も少し曲がる。内側のスキーにはあまり体重をかけないようにし、かつ内側スキー底面を雪面に対し常にフラットになるように、つまりエッジがかからないよう山側の膝で角度調整する。また、ハの字が崩れないように努力する。

ドリフトターン系では、外側のスキーのテールがずれるように、エッジを緩め、同時にやや体重を後にかけ、スキーを踵で捻って押し出すように体重移動を行う。この動作によって外側スキーには軽いエッジがかかると同時に踵から回旋トルクが働く。これら外スキーへの回旋トルクの結果、外スキーは回旋を始める。外スキーのエッジングが少ないと、ターンの際、横滑べりの要素が大きくなる。一方、エッジングが強すぎるとエッジに沿って直進するようになる。適度なエッジングと適度な回旋トルクにより、横滑べりの抑えられた、特にトップ付近がほとんど横滑べりしないか、むしろ切り上がるようなターンが可能となる。

カービングターン系では、もっと楽である。外側のスキーのエッジをやや強くして横滑りしないようにし、体重をスキーの横からしっかりかける。こうすることでスキーは鋤効果で周り始める。ターンが進むと同時に沈み込んで重心を落していく。小さい弧で回転させたいときには、体重やや前にかけるとよい。

いずれのターン系でも、ターンが進んでいくと、やがて進行方向はフォールライン方向から横の方へ転向していく。ドリフトターン系からカービングターン系に変更した人は、回転に伴なって体重が後へ移動しやすいので注意が必要である。弧の終了まで、しっかりと体重を中央もしくは前にかけ続けるように努力して欲しい。

最大に回りきった辺りで、こんどは立ち上がりながら両足に均等に加重するように心掛ける。再び、今度は逆のスキーである外スキーに踵捻と体重移動を行い、次の半ターンを行う。

ここで示した動作をとると、上半身の方向はほとんど谷を向いたままになる。正しい姿勢を理解するためには、床の上に立って足の位置を固定し、上半身を意識して常に一定の方向を向くよう努力しながら、腰を下げながら両膝を捻っていく。むろん足にはハの字型のスキーを意識して欲しい。といってもスキーのトップは内足の方が当然跳び出してくる。このとき膝の位置を少しターン内向に移動することにより、内側のスキーは平踏みになるように工夫する。結果として、外側のスキーはエッジがかかることになるはずである。ある程度捻ったところで、今度は立ち上がりながら膝の捩りを戻していく。再び同じ

fig/turn.COG.eps

図 12.2　重心の上下動と荷重

ことを逆向きに行うと左右のターンが終了することになる。この床の上での練習は、もっと上級のターンについても、特に小回りターンの習得には極めて効果が高い。

外スキーにかかる荷重がもっとも強くなるのは**図 12.2** に見られるようにターンの終了時であり、またその直後、次の半ターンのために立ち上がった時点で荷重は最低になる。もともとプフルークターンは緩斜面で、かつ速度の遅い場合に使われる事が多く、スキーにかかる雪面からの抵抗がスキーの速度を抑える大きな要素になっているが、沈み込んだときに強い荷重がもっとも重心落下の減速に効果を及ぼす。この強い荷重をかける時点だけに着目すると、ジャンプターンでのスキーの角度に酷似している事が理解できよう。

12.2　シュテムターン

最近の教程では、プフルークターンからいきなり開脚パラレルターンに進む場合が多いが、物理の順から言うと、はプフルークターンとパラレルターンのちょうど間に位置するターンである。

このターンではターンの開始の前に外側つまり山側のスキーを踏み出す。続いてそのスキーに体重を移すことで荷重移動し、ターンを開始する。ターンの最後まで開脚しているとプフルークターンと呼ばれるが、シュテムターンでは体重を移し終わったとたん、なるべく速やかにターン内側のスキーを引き上げて外側のスキーに揃える。完成形では、外スキーを山側に踏み出すと同時に体重を移し、直ちに内スキーを揃えることになる。一般に、こうしたスキーの踏み出し、荷重移動、平行揃の一連の動作は乗り換え、または**ウムシュタイグ**（change, Umsteig (G)）と呼ばれている。

ターンが終了する時点、つまりスキーがフォールライン方向を通り越し、さらに数十度回旋する時点を狙って重心を落していくと、スキーからの強い上向の力が発生し、制動を得ることができる。重心の落し込の反動である立ち上がりの最高点で、次の山スキーの踏み出しを行うと、体重移動が極めて簡単になる。

重心の上下動は、プフルークボーゲンと同様に、どちらかというと、ゆっくり沈み込んで短時間で立ち上がる。回旋中の大部分の時間は、ゆっくり沈み込んでいるためスキーには体重程度の荷重しかしない。ターンの終了時点で短時間に立ち上がるが、立ち上がる際、スキーには大きな荷重がかかる。また、立ち上がりの中途から立ち上がりきるまでの

間は逆に荷重は減少する。この最高点、つまりもっとも抜重された点で、開脚し、それから速やかに閉脚する。

ドリフトターン系とカービングターン系の差は、スキーのテールが滑り出す程度に緩いエッジとやや後傾姿勢を使うか、スキーが横ずれを起さないようにしっかれエッジをかけやや前傾姿勢を使うかである。

12.3 ステップターン

はスケーティングの際の体重移動と同じことを、ターン切り替えの体重移動に利用する方法であり、シュテムターンがテールを開いてスキーの踏み替えを行ったのに対し、トップを開いて山スキーに踏み替る。したがって回転の終了時に外スキーが回りすぎているとうまくいかない。外スキーが回り足りないぐらいの時点で谷スキー (外スキー) を外後方に蹴って山スキーに体重を移動する。シュテムターンが立ち上がって開脚するのに対し、ステップターンでは立ち上がりかけたところで開脚し、重心がもっとも上がって抜重の頂点で足を揃える。つまり、シュテムターンより一呼吸早い動作となっている。

谷スキーを外後方に蹴るので、体重移動と同時に前方へ加速される。したがって、山スキーはかなり前方に置いて載っていく。この辺はスケーティングの技術と全く同様である。

12.4 パラレルターン

はスキーを平行または揃えて行うターンの総称である。パラレルターンには、スキーをやや開いて常に平行に保ったまま滑る**開脚**（open stance）のものと、揃えたまま滑る**閉脚**（closed stance）がある。開脚は、ターン開始のきっかけが得やすいのが特徴であるが、肩幅ぐらい広めの、自然に拳一つぐらい離したなど、連続的に間隔をとることが可能である。そのうち馴れてくると徐々により狭い開脚のパラレルターンに移行していくのが普通である。昔は閉脚を良しとしたが、最近はナチュラルスタンス程度の開脚の方がより安定であると考えられている。

この場合も床の上で形を理解するのが楽である。まず、ナチュラルスタンスで、足の位置を床の上に固定し、やや膝を曲げておく。上半身は正面を向けたままなるべく動かないようにする。まず両足の膝を回旋内側の方に倒しながら捻っていく。両足は平行に、また均等に荷重する。この際、雪の上ならば、エッジングに対応する傾度が足底に発生するはずである。この傾度も左右同じになるようにする。床の上では傾度が付けづらいであろう

が、壁に体重をあずけるなどして、体験して欲しい。必要な角度までターンしたら、膝の倒しと捻じれを戻し、続いて、逆に膝を倒しながら逆に捻じれを入れていく。急いで回そうとしないことがポイントである。これを繰り返すことでターンを継続することができる。

雪面の上でもこれと同じ方向を向いて同じことをすればよい。当然、上半身はいつもフォールラインの方を向いたままであるし、二つのスキーのトップを結んだ線は常にほぼ水平になる。床の上と異なる点は上半身は比較的一定の速度であまり激しく左右には動かないが、代りにスキーや足が大きく動くことである。最初に左に曲がるときには、まず徐々に膝を左に捻り込み両スキーの左エッジをかけていく。スキーは徐々に右前に押し出される。当然の結果であるが、両スキーのエッジングは同時に開始する。

重心を上下させて滑る場合、重心を落しきったところがいわゆるチェック点である。ここから重心を上げながら膝を戻しつつスキーを後左から真横へ移動していく。再び重心を落しながら膝を右へ捻り込み右エッジをかけていく。スキーが左前に来たところで次のチェック点である。こうした過程は、エッジを切り替えるというよりは、雪を押す方向を徐々に左右同じように変えていくというイメージの方が自然かも知れない。

最近は重心を余り上下させない。その方が安定であるからである。この場合にはチェック点は余り意識できない。むしろ、チェック点を余り意識しないで、滑り抜けるという感覚が必要である。出口氏の書にある「意識を弧のピークから次の弧のピークまで連続的に繋げ」という意識改革が、カービングの完成に大変役に立った。

この場合、チェック点でスキーの回旋の方向を変えることになるが、急激に変えないように注意する。急激に変えようとするとスライドターンとなりやすい。重心がスキーの上をして、自然に回旋が始まるまで待つと、究極のゴールであるカービングターンに移行しやすい。さらに、切換え後、場合によってはワイドスタンスでもよいから、外スキーを十分傾け、横滑りを避けるように雪を切り込み続けていくと、典型的なカービングターンとなる。

カービングターンで、カーブの大きさはスキーのエッジングの傾度と前方荷重で決める。脛を十分倒してエッジングの傾度を深くし、ややトップに荷重すると、小さな回転半径の弧で曲がれることになる。

12.5　ウェーデルン

ウェーデルン (Wadelung) は、パラレルターンの左ターン、右ターンをもっと連続的にしたものである。現在はパラレルターンの一部と分類され、特にと呼ぶ。一番のポイン

トは、ターンの直後、チェックの際、重心が山側から谷側へ滑らかに移動していくことである。重心がスキーのシュプールを横切ることをという。もう一つの違いはパラレルターンが、比較的、体全体もしくは腰から下全体を使ってスキーの押し出し、引き寄せを行っていくのに対し、ウェーデルンは上体はまったく一定のまま、腰から下、場合によっては膝から下を中心にしてスキーの押し出し、引き寄せを行う点である。この際、回旋は、スキーのエッジングによるよりも、捻じり込みの反動による。

12.6　ジャンプターン

は、第 5 章で述べたような原理で降下していく。ただし、この場合も左チェックと右チェックの各チェック間にスキーの回旋が必要であり、パラレルターン、ウェーデルンと同様な体の動きが必要である。

12.7　本章のまとめ

本章を終了するに当たって、いくつかの結論めいたことを書いておこう。これは、滑りを改良するときにヒントにもなろう。

まず、一番重要な点は加重点の位置である。スキーのターンの際には、いろいろな姿勢をとり、またその姿勢を目まぐるしく変えていくが、どんな場合にもスキーに対する加重点は足の真ん中にする。スキーに正しく乗り、できれば加重点の位置を常に意識しながら滑るようにするべきである。

ずれのターンで大きな回転弧を維持するときには、例外的に、加重点をやや踵寄りに持ってくるが、踵より後ろにしてしまうと、大腿部の疲労を招く。大きな回転弧を維持するときには、カービングターンが簡単にできるが、この際は加重点はやはり足の裏の中央でよい。

加重点が正しくないときは、多くの場合、後傾、または内傾になっている。まず、後傾についてであるが、過度な後傾姿勢は重心が足に乗っていないため、ターンの切り替えなどの機敏な動作を困難にする。特に、ターンの終了時に後傾姿勢をとると、スキーは回りすぎてしまう。さらに、怖くてエッジングを緩めると、大きなテールの押し出しに繋がる。テールが押し出されるようならば、明らかに後傾であるので、これを直したい。対策としては、体を小刻みに前後させ、足のどの辺でスキーを踏み締めているのか、常に確認する習慣をつけるのがよいだろう。

次に内傾についてであるが、内傾していると、基本的に体が山側の方へ倒れていってし

まう。これを回復するために、知らないうちに、二本のスキーの間隔を開いてしまったり、ハの字型にしてしまい、重心は谷側のスキーの真上から山側の方に移動することになる。谷側一本のスキーには大きな加重がかけられるが、山側のスキーのみでは大きな加重がかけづらく、結果として、速度を殺すことが難しくなる。また、この直後、重心を谷側に持って行ってスキーのエッジを外すことにより、次のターンへの移行をしなければならないが、そのスムースな導入を困難とする。そこで、多くの場合、ボーゲン状態のまま、あるいは必ずシュテムを入れる滑りとなってしまう。

この解決法としては、ターンの終了時付近で、山スキーを浮かして谷スキーだけで回ってみることである。山スキーが浮かせられなければ、まだ内傾になっていると言える。むろん、こうした動作は、内傾をやめるための練習であり、実践的な滑りでは、両足加重の方が安定であることは言うまでもない。また、ターン終了時のチェックの際、谷足荷重になっているかを常に意識するのも手である。

小回りターンの場合は、スキーは脚の捻りの解放により維持される。したがって、エッジングはほどほどにして、スキーの回旋を妨げないようにする。エッジングはターンの後半から徐々にかけ、終了時で最大の制動力を発揮する。

第 13 章

コブのターン

まず最初に，著者はコブはかろうじて滑れるが，モーグル バーンはまったく駄目であった。最大の問題点は今迄，きちんと順番を経ないで練習してきたことである。どんなに不整地でも，どんなに速度が上がっても，きちんと足の裏に重心が来ていればよいはずなのであるが，当然，振り回され，重心を考えるどころではない。結局は後傾になって転んでしまうのである。断固勇気を持って，後傾しないように努力すれば，うまく滑れるのではないかと思っているのであるが，こればかりはうまく行かない。と書いたのだが，実は，恐くない滑りがあり，それから入っていくと比較的容易にコブが征覇できることがわかってきた。

フラット バーンでかなり滑れる人がコブ斜面を滑る際，どうしても知っていて欲しい重要な知識がある。なお，以下の文中で**最大傾斜線**（fall line）とあるのは，局所的な最大傾斜方向ではなく，大局的，つまりコブなどを無視した斜面全体の最大傾斜方向を意味する。

- コブでのカービング ターンとはエッジで雪を切っていくターンではない。
- スキーは揃えて，前後差をつけない。
- 腰はスキーの進行方向ではなく，斜面全体の最大傾斜線の方に向ける。
- 速度制御には左右のターン以外に，上下の吸収を利用する。

第一に**カービング ターン**（carving turn）であるが，フラット バーンにおけるカービング ターンのように，エッジで雪を 切っていくターンではないのである。上村愛子さんのカービング ターンが素晴しいと聞いて，TV 画面いくら見ても，真っ直滑っているようにしか見えず，不思議に感じていた。また，コブ斜面のゴールがカービング ターンであると聞いて，長いこと，うまいエッジングができないかと苦労してきたが，コブ斜面技術

のいかなるところにもエッジングの話は出てこない。でてくるのは，横滑りとかスライドターンとか，すべて，エッジをかけない話ばかりである。

そのうち，エッジングは邪魔になるという記述も見掛けるようになり，永年の勘違いに気付いたのである。改めて，「コブ斜面におけるカービング ターンとは，ずれのほとんどないターン」の意味であり，雪を切り刻んでいくターンではないのである。カービングターンに限らず，「コブ斜面では強いエッジングはほとんど不要」であるばかりではなく，多くの場合，むしろ邪魔になるということである。したがって，フラット バーンからコブ斜面に入るには，なるべくスキーの底を斜面平行であるフラットにして回転する練習をする必要があることになる。フラットバーンにおけるドリフト回旋よりもっとフラットにし，ピボット回旋のように，ほぼ一点でも回れるような技術が必要なのである。

第二に異なるのは，フラット バーンでは，両スキーを拳一二個分ぐらい空けて，ブライト気味にして滑ると安定であるし，山側のスキーのトップを谷側より先へ出して腰からフォール ライン方向を向くようにするが，コブ斜面ではまったく違う姿勢をとる。コブ斜面は，短距離で左右の状況が変ることが多いため，両足を揃え，かつ前後差も付けない。つまり，モノ スキーのような姿勢ですべるのがよいのである。もちろん，若干の数 cm の空きや前後差は許されるのであるが，フラット バーンのように大きくしない方が無難である。左右の膝を付けて滑るのも手である。

このため，上体全体をフォール ライン方向に向けることはできない。肩付近をフォール ライン方向に向けることはあっても，腰付近はスキーに正対しているのである。コブ斜面でフォール ラインというときには，グローバル フォールライン，つまり，凸凹をならして斜面を見たときのフォール ラインとする。コブの凸凹を考慮した局所的なフォール ラインを指すときには，特にローカル フォール ラインと言おう。

第三は，速度制御である。フラット バーンでは左右に振ることによって速度を制御する。しかし，コブ斜面では，凹凸があるので，これを利用して速度をすることも可能である。簡単に言えば，凸な部分に乗り上げることにより，速度を殺すのである。特にポーパス ターンと呼ばれるモーグルで使われるほぼ直線的なラインに沿って降下する方法では，この凹凸を利用しない限り，速度を制御する方法がないのである。フラット バーンにおいて左右の振りを利用する場合でも，チェック ポイントにおける沈み込みの程度により，速度の調整は可能であるが，上下動の場合も，身体をどのタイミングでどのくらい上下するかによって，速度調整が可能となる。

本章のゴール第一は，ナチュラル ラインと呼ばれる S 字の谷底を通るものである。スキーヤーがスキーを操作するというよりは，地形がラインを作ってくれるのである。第二は，モーグル ラインと呼ばれる S 字の振れの少いほぼ直線的なラインを通るものである。

前者が左右の振りによって速度制御するのに対し，後者は上下動によって制御する。もちろん，初心者がいきなりこうしたターンをしようとすると，恐怖心で一杯になり，容易に熟達できるものではない。いくら楽なコブ斜面からスタートしても，そこには大きな壁がある。そこを解消する方法として，横滑りとピボット回旋の組み合せからなる小回りスライドターンがある。これは必ず練習すべきである。まず，それから説明し，より上級のターンの説明に繋いでいこう。

13.1 恐怖の克服

コブ ターンにとって最も重要なのが，恐怖の克服かも知れない。私よりもレベルの高い友人より聞いた二つの重要な言葉を聞いた。一つ目の言葉は「基礎スキーヤーで急斜面で小回りターンができなければ，コブ ターンはできないよね」。実際，それまで私は緩斜面ではいくらでも小回りターンができたが，急斜面に出ると大回りターンで処理することが多かった。また，多少のコブがあると，いくつかのコブを通過しないとターンができないのである。フラットな急斜面でも，一回回転すると，次に回れるようになるまで待つという消極的なターンを繰り返していたように思われる。その理由は，恐らく急斜面が怖いために体が斜面の方向に逃げていて，山足荷重がなかなか抜けない，さらにやや後傾でなかなか前傾に戻れないために，次のターンに入れないのである。

もう一つの言葉は「急斜面では，スキーを常に下へ下へと回していくこと」。一つのターンが終りかけたら，直ぐにスキーのトップを下へ向けるようにする。頭の中で常に下へ向けることを意識した方がよい。そのためには，はるか下の方にいる人などを目標にし，そちらへ直ぐに回すのである。

この二つの言葉から，まず，急斜面でも小回りができるように，常に下へ向けることを意識し，ようやく急斜面の小回りが気楽にできるようになった。それと共に，不整地でも次のコブの先で直ぐに下向きにできるようになったのである。つまり，コブ斜面に対しても大きな恐怖心を抱かなくすることに成功したのである。恐怖心がなくなると，コブ斜面でも，回転後早目に山足荷重に移動でき，早目にスキーを回すことができるようになるため，コブから飛び出るいわゆる「すっぽ抜け」が起きなくなってきて，ようやくコブ斜面が降りれるようになったのである。

ということで，フラットバーンにおける基礎スキーから入る人は，まずはコブ斜面と同じもしくはそれよりやや急なフラットバーンで，小回りターンをよく練習して欲しい。また，斜度は緩くてもよいから，コブ斜面ほどではないやや荒れた不整地で小回りターンをする練習をして欲しい。

13.2　コブ

コブ（bump）が発達するのは，まず，**図 13.1** に示すように，S 字の連続するシュプールがあり，特にチェックの部分が深めに削られていく。その結果，このチェックの部分に落ち込みやすくなるため，何人もが，この部分でチェックをするようになり，その凹みは益々厳しくなっていく。この様子はモーグル バーンのシングル レーンの凸凹の発生を見るとよくわかるであろう。

複数のレーンが併走して存在すると，一つのレーンからはみ出す者や，この溝に滑り込むように斜滑降する者などのシュプールができ，結局，これら隣合う S 字溝は逆位相で同期しながら融合していき，その結果多くの X 字型の格子を構成するようになる。しかし，融合したとは言え，隣の S 字とは若干離れており，コースアウトしなければ，紛れ込むことはない。ということで，本書では，一本の S 字の降下を前提に議論する。

コブは緩い斜面では雪面がえぐられないため，あまり発達しない。また，急斜面過ぎるとチェックの場所を揃えるのが難しく，やはり発達しない。経験的には 20 度から 25 度ぐらいの斜度がもっとも発達しやすい。そのため，フォールラインからのずれ角は 45 度ぐらいとなる。また，スキーをあまり滑らさずにターンするため，チェックから次のチェックまでの間隔は，およそ 3〜4m である。これから，コブのサイズを求めると，長さは 4m 弱，幅も 4m 弱となる。これの図は，たった 23 度程度の斜度であるが，コブが発生すると，フラットな斜面に比較し，恐しく急斜面に見えてくるので不思議なものである。

コブ斜面（bump bahn）というと，どうしてもコブの方に目が行きがちであるが，削られた谷 が形成する構造なのである。一定の深さの S 字の組み合わせとは異なり，チェックの部分がえぐれるため，コブの山側では比較的平らになり，逆にコブの手前から谷に滑り込むところで，急斜面となっている。初心者は，この急斜面を嫌うため，どうしても直下の平部分に回り込めず，水平方向へ逃げてしまうが，その場合は減速できないまま，回転の難しいコブの山側へ入ったり，次から次にコブが出現することとなり，かえって処理が困難となる。

コブの生成のプロセスからも明かなように，一番自然なコース取りは，谷付近を中心として滑り，S 字弧の最大の張り出しを経由して，元の方向へ戻る形となる。このように，いきなりコース取りが指定されてしまうのは，初心者に対して大きな負担である。一番の心理的負担は，レールの上を走るようなものであって，スキーを振ってブレーキをかける場所が何もないのである。また，谷底の正にレール状の部分に眼が行きがちになるのであるが，ほとんどのターンでレール状の谷底以外を通過する。つまり，レールには目もくれ

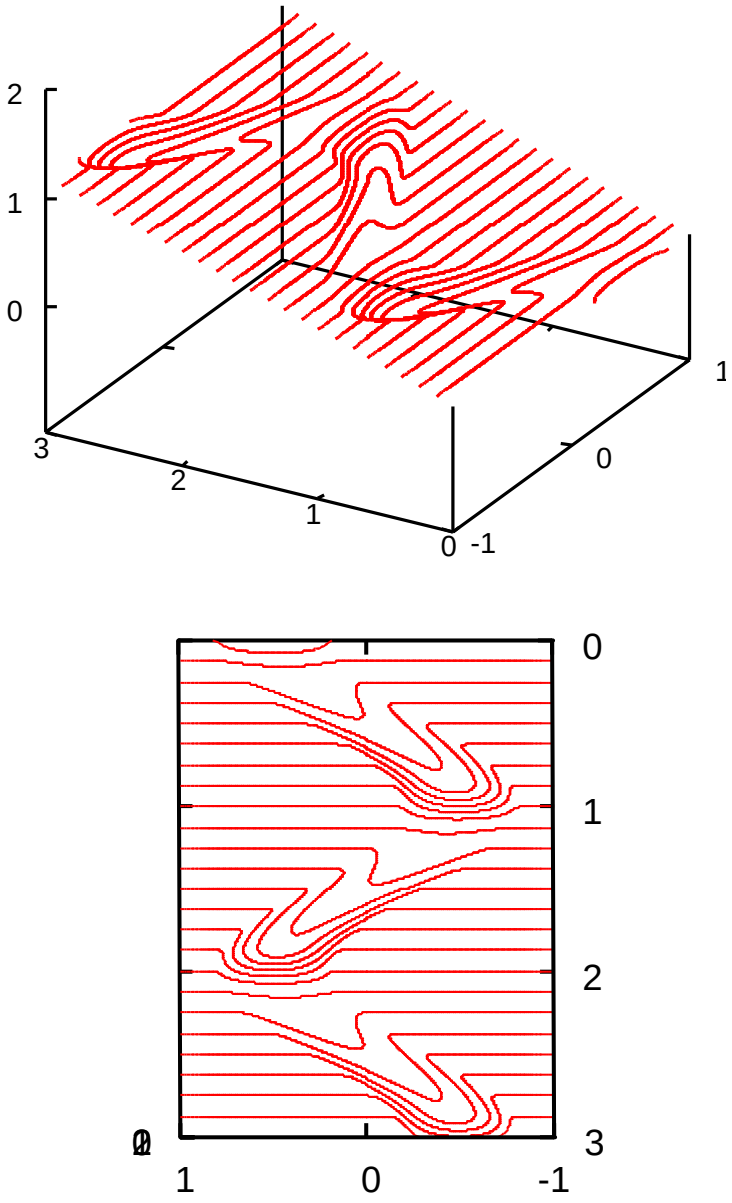


図 13.1 S 字の溝の等高線 (上図は斜め横より見上げた 23 度の斜面，下図は手前を山側とした真上からの俯瞰図)

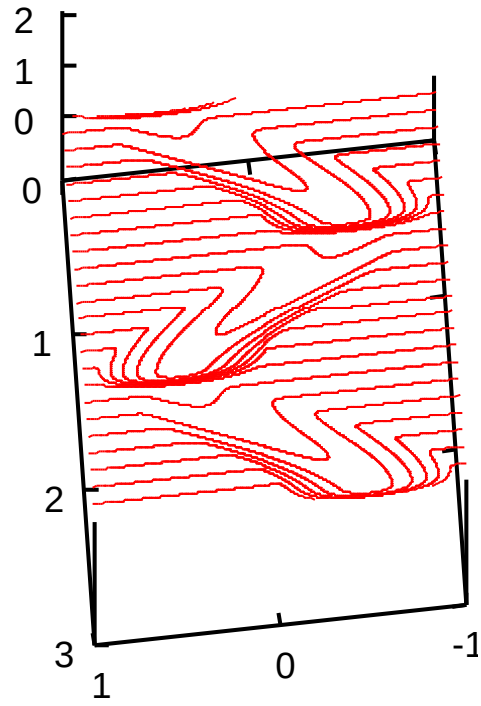


図 13.2　山側からスキーヤーの目線で見下ろした斜面

ないのが良いのである。

ある程度うまくなれば，身体の上下動により速度が吸収できるようになるのだが，最初はそうはいかない。おまけに，上下動のタイミングがフラット バーンにおける回転とは微妙に異なるので，ことは厄介なのである。この恐怖心を除去する方法は，斜度の弱い斜面から始めるか，コブの発生が余り顕著でない早朝時から練習を開始するか，次節に述べる横滑り + ピボット回旋から初め，スライド ターンあるいはモーグル ターンへ発展していくことである。

図には S 字状の谷 1 本しか書かれていないので，コブに見えないが，両隣りのコースを記載すると，図中，台地状で平面となった坂の部分がコブである。この台地の縁は多くのスキーヤーによって削られていくため，丸まって山のようになる。斜面より最も飛び出たところを，コブの頭と呼ぼう。コブは斜面垂直に突出しているため，標高の最も高いところ，つまり頂上は頭よりやや手前になる。なだらかなコブでは，頭はあっても，頂上がないこともある。

コブの山側から見て，頭より手前の見える側を表側，頭より向こうの見えない側を裏側と呼ぼう。表側は緩い登り斜面となり，裏側は急な下り斜面となる。溝の左右の振りの最

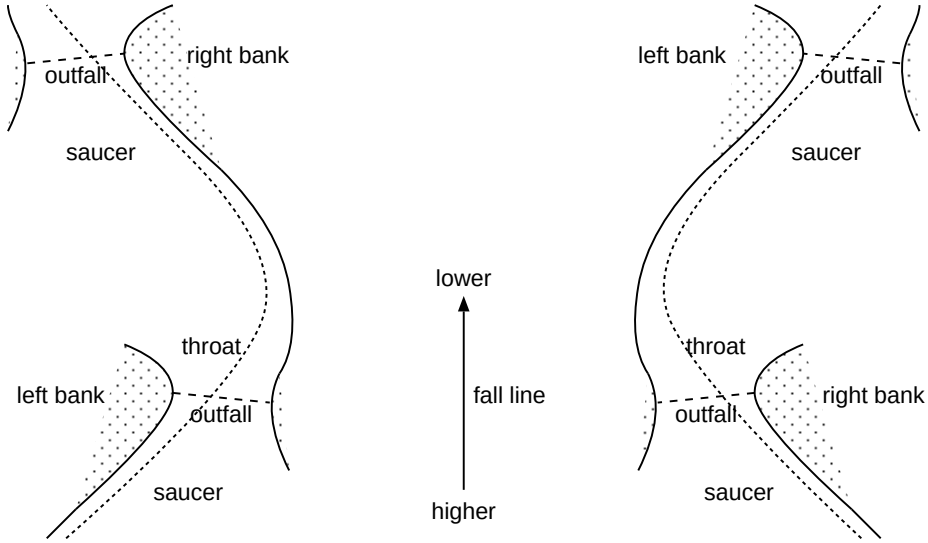


図 13.3　コブ斜面を真上から見た略図（左図の上に右図が，右図の上に左図が繋がる）
破線は谷底，実線は高地との境界（実線のない部分は緩く接続）

大値になった付近で，谷底は急に深くなる。その切り替わり点を**落ち口**（outfall）という。

落ち口より手前は，斜度が緩く，場合によってはほとんど水平となっており，その部分を**受け皿**（saucer）という。実際，皿のように，水平より凹んでいる場合もある。一方，落ち口の直後の最も深い谷が**喉**（throat）である。

谷溝に沿って滑っていくと，受け皿，落ち口，喉，谷，受け皿，落ち口，喉，谷，の正弦波状のラインを描くが，これを**ナチュラル ライン**（natural line）と呼ぶ。実は，モグラーはこれとは異なるもっと直線的な**モーグル ライン**（mogul line）取りをすることが多い。それについては，後述する。

これから各ターンについて説明していくが，**図 13.2** に示したような本物のような図よりも，簡明に略した図の方がわかりやすいので，以後，簡略な**図 13.3** を用いることとする。これはコブを最大傾斜線に垂直な方向から見たものであるが，真上から見た図といっても大きな違いはないので，今後そのように表現する。スキーヤーを意識して，手前が山側，奥が谷側，つまり最大傾斜線が上向きになっている。本当は左コブ，右コブ，左コブと続けて描きたいのであるが，紙面の都合で，左コブから右コブまでを図の左に，右コブから左コブまでを図右に記載した。以下しばらくは左図で説明する。破線はレール状になった谷底，実線はコブができる前からあった高地との境界である。左バンクの先の広々した所がいわゆるコブの裏側で斜度も緩く，高地との境界もややぼけている。先に見える

右バンクの手前で谷底と高地の境界が狭い部分がコブの表側である。

図中 overfall というのが落ち口であり，その先は喉 throat と呼ばれる急な斜面となっているが，谷底に沿って徐々に斜度が落ちていき，次の outfall の手前は極めて緩斜面な受け皿 saucer である。谷底はとかく目に付き，スキーをそこに入れたくなるが，よほど慣れるまでは谷底を無視して滑るのがよい。なお，バンクの直前の谷底付近，つまり saucer 付近はどの滑りでももっとも速度を殺す場所である。

なお，コブのターンについては，決定的によくわかる本というのがなかなか見当たらない。すべての記述を精査して読むのが難しいために，自分の都合の良いところだけを拾い読みしてしまうこともあろうが，著者も，自身が上達者であるため，初心者の引っ掛かるところがわからなくなっていることもある。自分の習得状況に合せ，何冊も読んだり，ビデオや YouTube などを見て，突然，理解が進むものである。私個人は，Web のモーグルな滑りが役立った。

13.3　スイッチバック ターン

コブ斜面の練習では最初は恐怖で一杯になる。何故かというと，速度を抑える場所が見当たらないからである。実は，喉 throat の手前のコブ前の所で速度を抑えられるのであるが，普通に滑り込むと，そこで速度を抑えるなどとても無理なのである。種を明かすと，速度を抑えるには屈身抜重を利用するのであるが，コブのない斜面では伸身抜重を中心に行なっているため，コブのような複雑な地形で，突然屈身抜重を入れるのは大変難しい。このため，コブでの練習は，まずは屈身抜重を入れないでも，速度制御できる技術が必要なるのである。以下に述べるスイッチバック ターンは屈身抜重を利用しないでも速度を落とすことができ，徐々に屈身抜重を入れていくことができる優れものといって良いだろう。

コブ斜面を滑る際，守らねばならないことがいくつかある。

- 絶対に後傾にならない。スキーの前方への「送り出しは厳禁」である。スキーを足下にしっかりと押さえ込んでいる意識が必要である。これを守らないと，すぐにスキーの制御が遅れ，簡単にコースアウトする。
- 絶対に山脚荷重にならない。横滑りの際，斜面が怖いと山脚に荷重が残ってしまう。その結果，足がバラついてしまうし，次の回転がスムースに回れなくなるので，谷脚荷重を心掛ける。二枚のスキー板を一体化したかのように操作しないと，足はどんどん開いていってしまい，結局，予定の位置で回れなくなる。後傾と山脚

荷重は共に斜面に対する恐怖心が引き起すもので，これらを克服しないと決してうまくは滑れない。

- 強いエッジングは厳禁である。強いエッジングを行うと，スキーが勝手にある方向へ走り出し，コースアウトすることが多い。ラインを自分から作っていく感覚ではなく，コブから自然に与えられるような意識を持つとよい。コブ斜面では，いずれのターンにしても，板を横滑りさせることが多い。なるべく，板を斜面にフラット（水平ではなく，斜面に平行）にする。
- 制御できない速度にしない。当り前の事項ではあるが，上記二項を守っても，レールのそばを滑るため，どこでどのようにして速度を殺せるかを事前に知っておく必要がある。

フラット バーンしか経験したことのないスキーヤーがこうした諸技術を最も速く学ぶには，**図 13.4** に示した**スイッチ バック**（switch back）を習熟することを望む。これは**ピボット回旋**（pivot spin）と**横滑り**（sliding）を組合せたターン[*1]で，ずらしで滑る 1-12 にも詳細が記載されている。あるいは，横滑りが多いことから，日本語で俗に**ズルドン**とも言われる。ズルは横滑りであり，ドンは谷底に到着した感覚を示す。

この方法により，大概のコブ斜面が安全に降下できるという自信が付くとともに，ナチュラル ラインに沿ったスライド ターン，バンク ターン，直線的なラインに沿ったモーグル ターンなどに繋げることができるからである。フラット バーンにおけるボーゲンのような意味での基礎技術といってよいだろう。ボーゲンは知らなくても，緩斜面でいきなりパラレル スキーを教える方法もあるが，コブ斜面は必ずある程度の傾斜があるため，いきなり上級のターンを教えるのは困難である。したがって，必ず，スキッド ターンで安全に降りられるようにしてから，これを経由して上級のターンに移動する必要がある。まず，当面の目標は，20 個ぐらいのコブをコース アウトしないで安定に降下できることである。

コブ斜面に入る前に**ピボット回旋**（pivot spin）を練習しておいてほしい。ほぼ，一点でぐるりと回るのである。ピボット回旋のこつは，**平踏み**（flat step）である。まず緩いフラット バーンで，最初はスキーをフォール ラインに直角に置き，エッジをかけて横滑りしないように立つところから始める。両足は空けず前後差もつけないが，肩と胸はフォール ライン方向に向けておく。ピボットの邪魔にならない方（回旋内側方向）のストックを下方数十 cm の辺りに突き刺し，膝を調整して平踏みとし，ストックにやや体重を預けて

[*1] 角皆優人:「モーグル・テクニック・バイブル」山海堂に出会い，コブ斜面は小回りスライド ターンでならば回れるようになった。感謝!

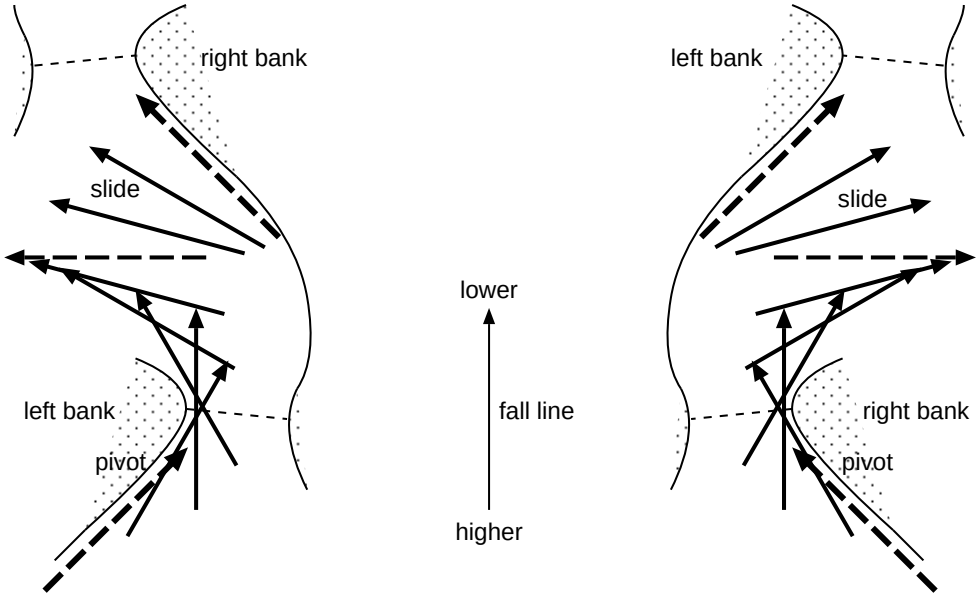


図 13.4　コブ斜面でのスイッチバック ターン
　　スイッチバック ターン前半はピボット，後半はスライド，太破線矢印は沈み込み場所

ストックを中心に円弧を描くように半周する。雪が重くエッジが外れづらいときには，沈み込み抜重，あるいは軽いジャンプでエッジを解放する。その後，回転中はエッジをかけない。徐々にストックの位置を近付けていき，小さい半径で回るようにする。半径が縮まるに連れ，ストックの位置をやや後にし，回転のきっかけとするとよい。足底で重心のかかる位置を踵の付近とする方が，小半径の回転がしやすい。

自分の意志で，50cm ぐらいから 1m ぐらいの半径のピボット回旋ができるようにしよう。足底で重心のかかる位置を，踵にしたり，靴べろに体重をかけて前傾してみたり，色々変えてターンしてみる。一般に重心が前にあるほど，スキー前部を中心としたターンとなる。さらに，腰を低くして小回りターンができるようにする。

コブ斜面では，**図 13.4** 左図のバンク手前の谷底（太破線矢印の位置）からスタートするのが良いだろう。もちろん，右図からスタートする場合もあるが，ここでは左図を中心に，スイッチバック法について説明しよう。コブの滑りでは，スキーの方向に関らず上体は常に最大傾斜に方に向けておく。したがって，太線のスタート時でも，スキーは右前を向いているにもかかわらず，上体は最大傾斜の方を向いている。スタート直前は恐らく両ストックを突いているが，動き出したら右ストックを外し，左ストックを残してスタート

する。

するとスキーは滑り出すのだが，ここでコブ裏に向けて左方向にピボット回旋をする。回旋を始めたら右ストックは外し，以後は次の太破線の沈み込み位置までストックは突かない。ピボット回旋はスキーが最大傾斜線垂直の位置まで続ける。思ったより捻れた位置まで回すと，スキーのトップが斜面に乗り上げるため，簡単に停止する。

裏の斜面にやや乗り上げてスキーの動きが停止したら，次は「ズル」である。スライドで次の太線で示したコブ表の溝まで滑り降りる。エッジはややかけているが，パンをバター ナイフでずらすように移動する。左右のスキーが揃って落ちない場合には，谷脚に重心をかける。図にあるように，スキーをやや後方に横滑りさせるぐらいの意識を持った方がよい。前へ横滑りする場合は，スキーのトップが下っているからで，そのまま行くと，次のピボット回旋を危険な喉付近で行うことになり，コースアウトに繋がる。そのため，もし前へのずれを感じたら，テール側をやや下げて後向きに横滑った方がよい。

次は「ドン」である。ナチュラルラインの線は気にせず，ほぼ谷底の太破線の位置で，バンクに留めてもらうような感じで横滑りを留めてもらい，同時に右ストック（後述のように緩いコブ斜面では両ストック）を突いてエッジを切り替える。この体重をかけると同時に，エッジを切り替える点のスキーの位置をやや太い線で示す。

【注意】以後のすべてのコブのターンで，沈み込みの位置では，同じ太破線の表記を使う。

やがて谷へ近付くと，スキーは谷底へ引き込まれ，ピボット回旋の切っ掛けとなる回転が始まる。上半身が最大傾斜線を向くように，最初は両ストックを突くようにし，慣れてきて速度がついてきたら，その姿勢を保ったまま片手ストックにするとよいであろう。これにより，簡単にピボット回旋に入ることができる。ストックはピボット回旋の中心となるよう，やや先につく。次の右方向のピボット回旋は，右図に従うが，スキーにやや速度がついているので簡単である。あまり谷に沿って前進しないうちに，ストックを右コブに立ててエッジを切換え，ピボット回旋を開始する。小さく回って次の裏壁の上にスキーを持ち込む。

ピボット回旋の開始時に後傾になる人は，ストックを突く際に，ストックに頼って体を前にぐっと移動するのがよい。こうして後傾をなくす癖を付けるのが最大のヒントである。もう一つ注意すべき点は，横滑りの際，きちんと谷側の方のスキーに乗ることである。これも，後傾と同様に積極的に谷間方向に体重を移動するために必要な作業である。

フラット バーンの回転に対し，すべてのピッチが速い。特に横滑り終了と同時にピボット回旋が始まることを意識してほしい。横滑りが終って，さてピボット回旋をと二動作に構えていると，スキーは喉の方向へ移動を開始してしまい，大きなターンに突入してしまう。このストックの「突き-回転開始-回転-横滑り-」のリズムに続けて「ストックの突き-」

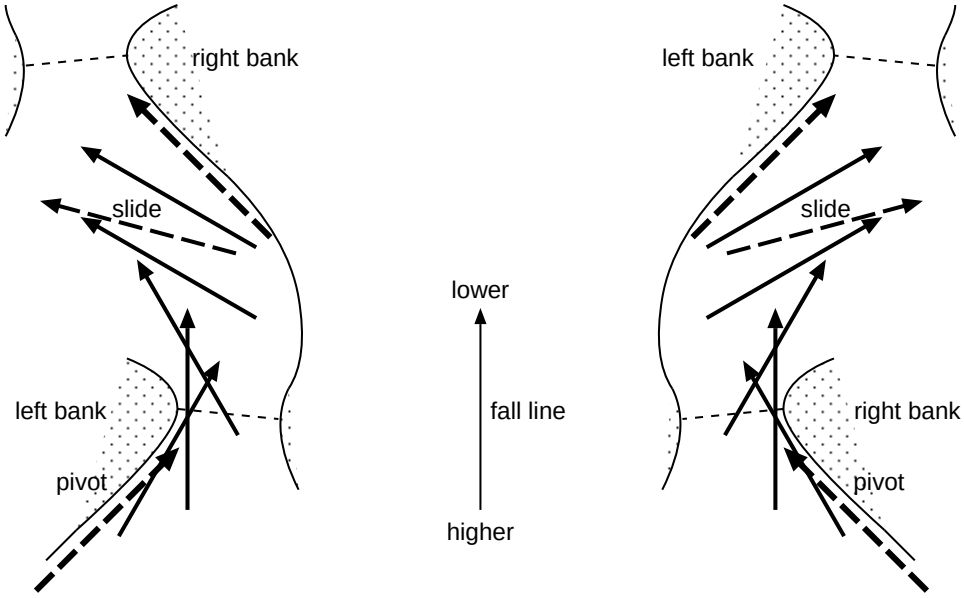


図 13.5　コブ斜面でのスイッチバックからスライド ターンへの移行

を入れるリズムさえマスターすれば，小回りスライド ターンは比較的やさしいかもしれない。繰り返しになるが，横滑りで決して前に出ないことである。多少格好悪くても，真下へ降りることである。これで 10 以上，できれば 20 程度の連続コブ ターンが安定にできるようになるまで，何度も練習してほしい。

なお，スイッチバック ターンで理解できるもう一つのヒントは，最初のドンの位置に対し，次のドンの位置がほぼ真下よりも手前に来ることである。つまり，通常ならば回旋を終わってさて次の回旋になるはずが，通常斜面でいえば回旋の終わる前に次の回旋が来るようなものである。このため，どうしても準備不足になりやすい。この辺の呼吸を理解してほしい。これが完璧にできるようになると，スイッチバック ターンからスライド ターンへ移動する。

13.4　スライド ターン

まわす事に重点を置いたどちらかというと横への動きが多いターンを**スライド ターン**（slide turn）という。ゴールは比較的ナチュラル ラインに沿った滑りと言えよう。スイッチバックから徐々に変形していって横型のスライド ターンにしていくのが楽であろう。

スイッチバック ターンに習熟してくると，スイッチバックの位置を徐々に下げていく

ことになる。その途中の経過を**図 13.5** に示す。ピボット回旋のスタート後，スイッチバック地点をスイッチバック ターンより低くしていくのである。そのまま低くしていくと，スキーの先端が思ったより先に行ってしまい，元々の溝に位置に戻れなくなってしまう。そのためには，スイッチバック地点で重心を下げる事，つまり屈身抜重を行う。ただし，腰を落とし切るのではなく，上半身を被せるようにする。この作業を**ベンディング**（bending）といい，特に高速になってくると必要な動作なので，低速の場合にも，太線の位置ではその形をとるようにする習慣を付けるのがよい。なお，ピボット回旋からスイッチバック地点への間にスライドを入れる方法もあるが，ベンディングによる処理を薦める。

腰を低くする際は，猫背ではなく，スクワットのように背を張って，尻を突き出す。それでいて後傾にならないようにする。簡単に言えば，膝はあまり深く曲げないで，腰の折り加減で重心を上下する。フラット バーンである程度のピボット回旋ができるようになれば，コブ斜面でのピボット回旋はさらに楽である。

ベンディングしたまま，溝まで滑り降りる。溝へ到達したら，そこで伸身して次のピボット回旋に入る。

これら一連の作業はスキーに完全に乗って行う。特にスキーを意識的に前に滑らす行為は後傾に繋がり，ラインから外へ放り出されることに繋がる。前後だけでなく，溝から次の溝に至る間は完全に外足を意識すべきである。荷重を変えるのは正にピボットに入るその瞬間である。

スイッチバックの位置をどんどん下げていって，溝の位置まで降ろしたものが**図 13.6** に示すスライドターンである。ここまで来ると，ピボット回旋といいながら，回旋はあまり行われない。むしろ，ピボット回旋はエッジ切換えのタイミングと理解した方がよいだろう。また，溝で速度を殺す必要があるが，スライドだけで落とすのは容易ではない。これこそ，屈身抜重で落とさねばならない。回転終了に合せ，下から突き上がってきたら，逆らわずに屈み込む。最大の膝折れはコブ頂点のかなり前で現われる。

速度が落ちたら直ぐに立ち上がり，次のピボット回旋に入ることになる。屈身の反動を利用して，落ち口付近で，足を延していく。また，ストックの突きを利用する。

スライド ターンへのもう一つのアプローチはプフルーク ボーゲンを利用したものである。プフルーク ボーゲンを用いると，滑走速度が遅くなり，体を徐々に速い速度に合せて行くことが可能となる。ただし，あまり発達していないコブ斜面で練習する必要があろう。慣れてきたら，プフルークを狭くし，かつより発達したコブ斜面に対応していく。なお，この方法では一気に完成形のスライド ターンに近付けることが可能であるが，未発達のコブ斜面を見つけるのが難しい。

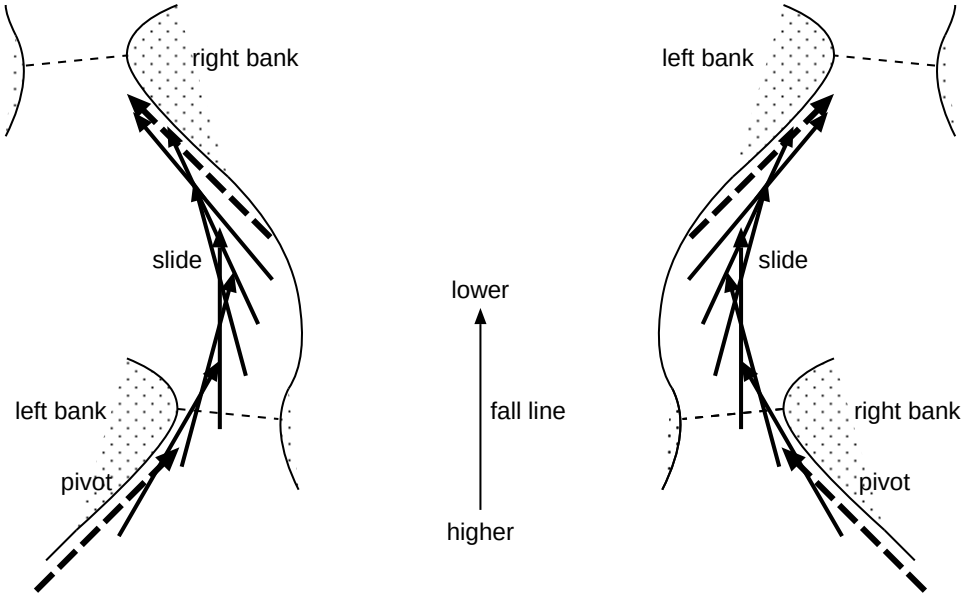


図 13.6　コブ斜面でのスライド ターン

13.5　バンク ターン

基礎スキーから入った人が楽にコブを降下できるように工夫されたのが，**バンク ターン**（bank turn）である[*2]。バンク ターンとはバンクを利用して回転することを意味する。

バンク ターンの入門形は，**図 13.7** に見られるように，ラインはコブの縁を利用する。いきなり完成した形で進まずに，まずは落ち口 outfall の間を狙って横方向に滑り，対面のコブで停止することを確認する。続いて回旋し，コブを利用して沈み込み停止する。

うまくなったら，少し下を狙い，はっきりした停止をしないようにする。それがうまく行くようになったら，**図 13.8** に示すように，ピボット回旋でかなり急速に回る。減速はコブの前壁を利用するため，比較的無理のない吸収で減速可能である。

なお，このラインはプフルーク ターンによっても滑ることができる。また前横滑りによる速度制御も可能であり，比較的優しいターンである。ただし，バンク ターン用にバン

[*2] たまたま訪れた神立スキー場に練習用のモーグル バーンが整備されており，特にバンク ターン練習に適している。特に初心者と見るとアドバイスをしてくれる通称鯨岡鮫次郎氏より，無料で教わることができた。感謝!
また回して滑る 1-5 に詳細（書きかけ）が記載されている

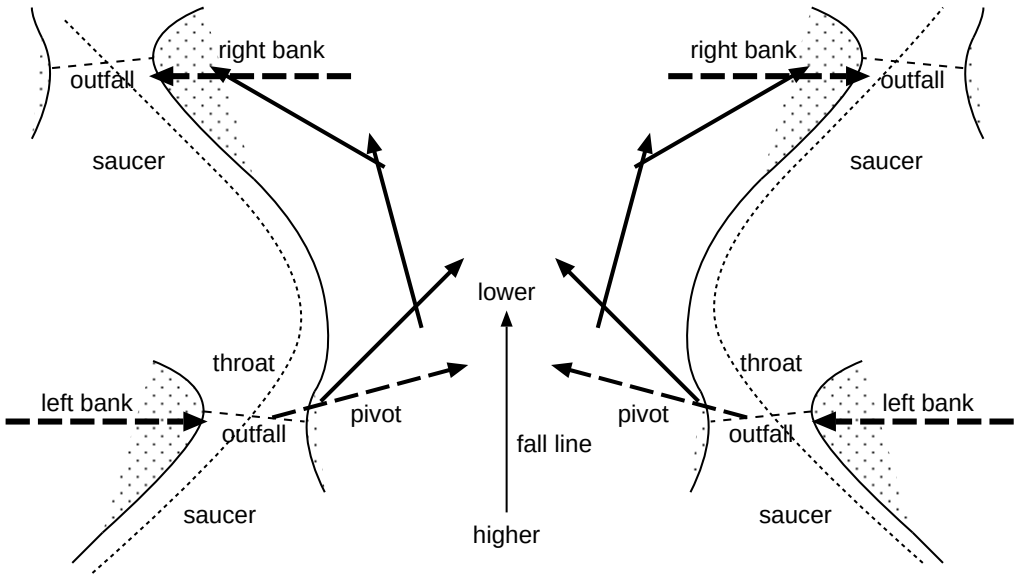


図 13.7 コブ斜面の初級バンク ターン

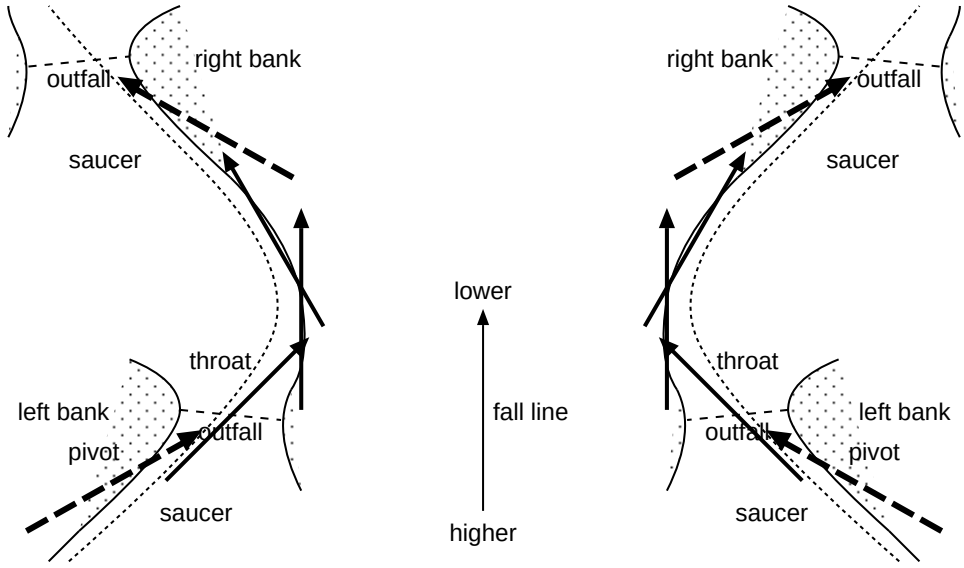


図 13.8 コブ斜面のバンク ターン

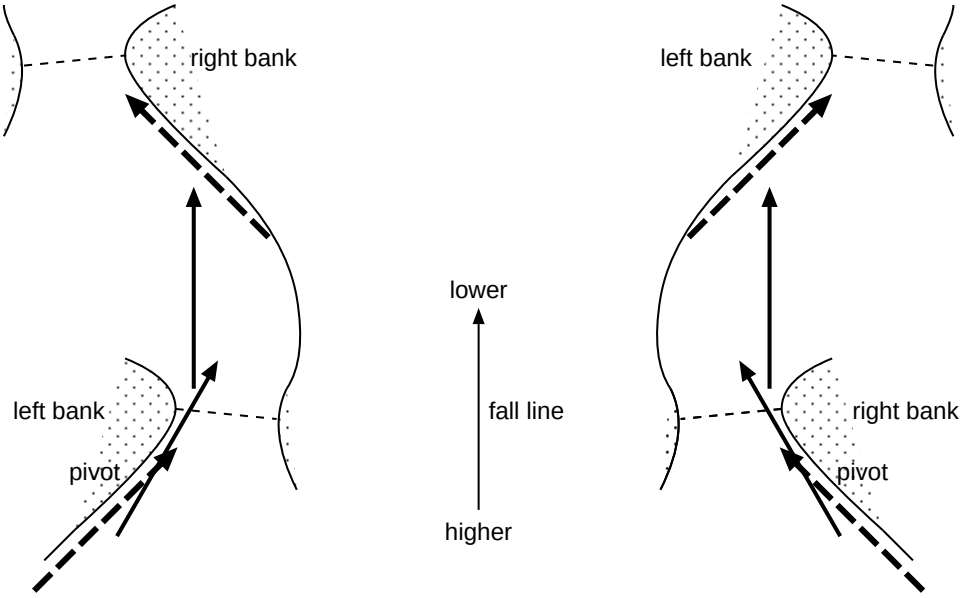


図 13.9　コブ斜面でのモーグル ターン

ク部分が削られたバーンでないと滑りずらい。また，スライド ターンやボーパス ターンをする人からは，バンク部分が削られるため，不愉快に思われることもある。最初は，傾斜の緩いかつスライド ターン用にバンク部分の削られたバーンを探し，大きな回転弧で練習するのがよいだろう。

このターンも慣れて速度が出てくると，そのラインはナチュラル ラインに迫ってくる。したがって，究極ではスライド ターンとあまり変らない結果に落ち着く。

もう一つの方向は，曲るときにトップを谷の溝に入れるようにする。そして，谷の溝の壁によって曲げられるようにしていく。その究極が，谷の溝壁を巡る際に，テールをやや垂直に近くする**ドルフィン ターン**（dolphin turn）と呼ばれるものであろう。

13.6　モーグル ターン

モーグル ターンはより攻撃的であり，**図 13.9** に示すように，直線的なラインをとる。コブからスタートしてコブへぶつかり，そこで吸収して，速度を殺すイメージである。これを**モーグル ターン**（mogul turn）と呼ぶ。技術要素は，スライド ターンにすべて含まれているが，スライド ターンとの最大の差はライン取りである。

スライド ターンは谷の喉を狙うのであるが，モーグル ターンでは**図 13.9** に示すよう

にコブの肩を狙う。したがって，スライド ターンの狙いを喉から徐々に肩へ移動していけばよい。まず，ストックをやや先のコブの裏側に突いてエッジを切り替える。そして，コブに乗り上げるのに合せてベンディングを深くしていく。コブを乗り越える際，重心を上げないよう，重心が直線的に落ちていくように，膝を曲げるのである。コブの最高点を少し過ぎたところでベンディングは最高になる。さらに，コブが下りだしたら，コブの局面に合せてスキーのトップを下げるというかテールを上げて，スキーが斜面から遊離しないようにすう。

このターンは，大回りスライド ターンのように，左右に振ることで速度制御するのではなく，重心を上下に動かす吸収によって速度制御するため，直線的でも速度を抑えることが可能になるのである。

これを発展させると，スキーをほとんどスライドさせることなく，ほぼ直線的に滑ることが可能になる。イルカの波乗りのように見えることから，**ポーパス ターン**（porpois turn）ともいわれる。また，スライド ターンやバンク ターンのように，谷に近いラインを取らないことから，**ニュー ライン**（new line）ともいわれている。このターンも，完成形はスキーのずれが少いため，コブ斜面におけるカービング ターンの一種である。コブの表にぶつかったら吸収をするが，逆にコブを越えたら，裏では接雪，つまり雪からスキーを離さないように，トップを抑える必要がある。このため，ストックはコブの裏側に突き，それにより身体を先行させてトップを抑えるのがよい[*3]。なお，この場合，コブ付近の急激な傾斜変化を通過するため，スキー板はトップが明かにしなる。

いずれにせよ，この系統のターンのラインはナチュラル ラインに比ると随分直線的である。なお，大回りスライド ターンを変形していって，S 字のポーパス ターンを練習すると，どうしてもスライド ターンの意識が残り，吸収よりは左右回転に頼るきらいがあるので，緩斜面のスライド + ピボット回旋からの練習を推奨する。

13.7　吸収動作

今迄，度々登場した**ベンディング**（bending）による**吸収**（absorption）についてまとめておこう。吸収とは，雪面に押し付けられるようなタイミングで，こちらから積極的に重心を落としていく動作である。吸収の一番の効果は，沈み込んでいく方向の物体（スキーヤーの上体）の運動量を殺すことである。つまり，吸収により，滑走速度を落とすことができるのである。例えば，平ら，あるいは山側に傾斜した雪面に飛び降りるような場面で

[*3] モーグルな生活「目次: コブの滑り方」に詳細が記載されている

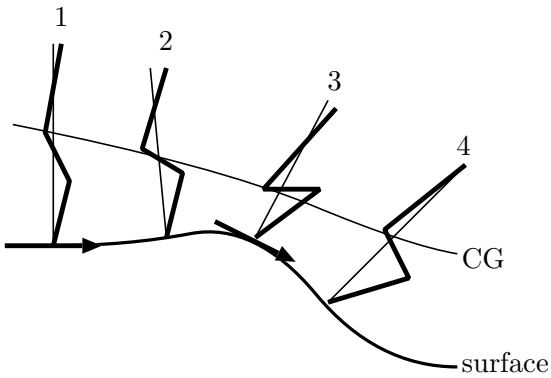


図 13.10　コブ斜面における吸収，先落し，伸身（雪面に対する垂線はおよそ重心方向）

ある。

また，高度や斜度の大幅な変化が想定されるところでも利用される。例えば，ナチュラル ラインの喉手前の雪面が水平になるところでも吸収が行われる。つまり，喉を越えると高度の低い谷底へ落ち込むため，事前に重心を落としておき，喉から跳び出さないようにするのである。

吸収の後には，高度が急激に変化するため，多くは谷側に向う壁が待っている。そこをジャンプする方法もあるが，すると着地のショックもあるし，空中での姿勢や方向制御が難しいこともあり，通常はスキー板を接地させるような努力が必要となる。板を壁の斜度に合せるこの動作を**先落し**（top lowering）という。つまり吸収と先落しはほぼセットになって語られることが多い。

力学的に言うと，吸収の際，減じられる運動量は雪面から与えられる力積，つまり力と時間の積に一致する。したがって，ショックを減らすには，ゆっくり押し続けるのがよい。階段を滑らかに降りていく場合も，階段のステップに足を付けたときから次のステップに反対の足を付けるまで，徐々に体を落としていくことで，ショックの少い降下が可能である。高いところから地面に飛び下りる際も，最初はある程度足を伸ばしておき，足先が地面に触ったことを知覚してから力をかけ始め，重心が降下停止するまで，その力をずっとかけ続けている方がショックが少いことは，しばしば経験することである。このときの重心の動きは，正に滑らかな一定減速の動きとなっている。この間の重心を下げていく動作が，正に望ましい吸収となる。

図 13.10 に，コブ斜面における重心の移動の状況とスキーヤーの姿勢の変化を示す。1：エッジ切換え時，2：ベンディング開始，3：ベンディング最屈時，4：ベンディング終

了のおよそのタイミングを示す。コブ斜面でも少しでも重心を一定のペースで減速していくように努力すれば，吸収は正しく行われる。また，吸収の終ったころに斜度は谷側に向ってキツくなるが，その凸部分が終了したところから重心を雪面から離していく。ポイントは，もっとも吸収で屈むのは，凸部（ライン中，最大傾斜面垂直からもっとも飛び出たところ）を乗り越える地点であることである。あくまでも，重心が滑らかに動くように動作すべきである。

階段に比べ，一段の段差が大きいため，通常の階段のように，膝を軽く折って対処するだけでは，明かに不足である。特に沈み込みが大きい図中の 3 のようなときには，膝と腰で N 字のような形を構成する。また，いい加減な動作を行うと腰を痛めるので，スクワットのように，背中は真っ直とし，腰を後へ突き出したような形をとる。この姿勢をとるには，背中は真っ直にして，膝を折ればよい。足首は多少折るにしても，靴で固定されているのでほとんど曲がらない。腰を意識すると，上半身がスキーにかぶさった姿勢になってしまい，胸を打ちやすい。膝だけを意識しても，腰は自然に曲るので，膝曲げのみを意識するのがベストである。

吸収が最大となるのは，凸部，それも最高地点を越えた 3 の付近である。それ以後には，スキーを斜面に沿わせる先落し動作が必要となる。先落し動作は思ったより早く始める必要があるのである。さらに，ここから立ち上がる際，スキーを体の後に来た斜面に押し付けるような動作をする。本気で押すと前向きに加速してしまうので，雪面に触れているという程度でよい。先落しというより，テール上げという意識の方がわかりやすい人もいよう。また，喉における先落しでは，谷側の脚の方が先に斜面に入るので，そちらを先行して先落しするとよりスムースな動作となる。

吸収は整地におけるターンでも練習できる。整地をややスライド気味でターンしてみる。といって，あまり大きく振らない。ブライトではなく，両足の膝を互いに付ける。スキーが重心の下を通過する時が 1 のエッジ切換え時である。その時には，重心はやや高目とする。その後，ターンに入りかけで，2 の重心を段々と下げていき，弧の最大点を 3 だと思って大きくしゃがみ込む。これがベンディングによる吸収である。ターン終了時の 4 で徐々に身体を延していき，次のエッジ切換えに準備する。

吸収を力積で考えよう。上り斜面を滑走中の力積と，下り斜面を滑走中の力積に分けて考える。この斜面を普通の質点のように，体を固くして落ちても，下り斜面では後から押され，上り斜面では前から押されるが，その場合には，下り斜面で後から押される力積の方が，上り斜面で前から押される力積よりも優るため，結局，どんどん前下に加速されていき速度制御ができなくなる。

ところが人間が乗って，重心の板からの位置を調整すると，上り斜面では力積が強くな

るようにし，下り斜面では余り力積が強くならないようにすることも可能となる。このような場合には，どんどん減速される。つまり，上り斜面では加圧気味とし，下り斜面では減圧気味にすればよい。

このときの重心の運動を見てみよう。実は，重心のとる軌跡は，人間の意志でかなり自由に決定できるのである。例えば，横から見たときに，**図 13.10** のような軌跡で下降することを考える。前半は徐々に加圧することにより力積を大きくし，前向き速度と下降速度を抑えることにする。後半は板を斜面に接触するかしないぐらいぎりぎりに足で引き上げるが，若干の接触はあるため，前向き力積はあることにする。

この図にあるように，重力，雪の抗力が働き，後半ではその力積は，重心を押し上げる加速と後方への加速を生み出す。重力は一定なので，前半で受けた下向き加速と前向き加速を消し去るような雪の垂直抗力を発生させる必要があるが，それには抗力の作用である足の踏み締める力を調整することで達成する。まずは上下の移動の程度を決め，それに合うように足に力を入れる。これにより前後の速度が調整できないときには，踏み締める位置を調整する。踏み締める場所の中心を登り坂のキツいところに移動すれば，前向きの速度は落ち，逆に登り坂の緩いところに移動すれば，前向き速度は上がる。

前向き速度が上がると，後半の重心の描く軌跡は膨らみ気味となる。こうした場合には踏み締め力を下げて，下向き速度を上げる。こうすると全体に高速で滑降できるようになる。上達した人間はこうしたことを無意識にやるのである。

13.8　リバース ターン

通常のコブと左右逆のラインを取るターンを**リバース ターン**（reverse turn）という。具体的には，**図 13.11** に示すように，切換え点をバンク ターンの逆側のコブの裏側とする。スキーが受け口を正確に通れば，あとは通常のフラット バーンとは変らないので，滑らかに滑ることが可能となる。これを**リバース ターン**（reverse turn）という。バンク ターンとほとんど変らないという印象もあるが，バンク ターンの最終目標は谷の壁や谷底などの谷構造の中を滑るのに対し，リバース ターンは，可能な限り谷を避けて滑るところが異なる。

どちらかというとコブの山から山へ移動していくようなイメージであり，ナチュラル ラインとは逆の動き方をすることからリバース ターンと呼ばれる。ただし，これがコブの滑り方かというと，何となく騙したような気もしない訳ではない。まあ，くたびれて，コブ斜面を楽に下りたい時用に覚えておくのもよいだろう。

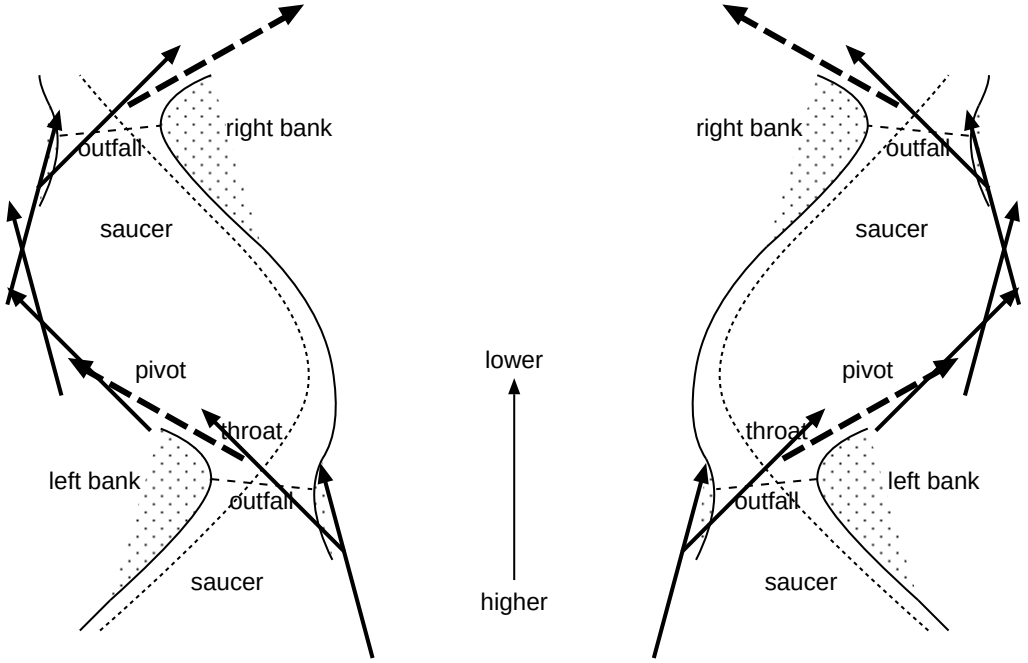


図 13.11　リバース ターン

13.9　コブでのターンの分類とその他のターン

今迄の説明で，コブの基礎にあるのがスイッチバック系であり，それから横長系と縦系に分れることがわかったかと思う。

- 初級
  - まわし系
    - **スライド ターン**（slide turn） 初中級
    - **バンク ターン**（bank turn） 初中級
    - **リバース ターン**（reverse turn） 中級
  - 縦系（本書ではモーグル ターンと記載）
    - 直線的スライド ターン 中級
    - **ニュー ライン**（new line）（コブもベンディングで直線的） 上級
    - その他 上級
      - **スクート ターン**（scoot turn） カービング ターンでも述べたよう

に，喉手前は相対的に上に突出しており，その直後は急斜面で下っていく構造になっている。そこで，喉を過ぎた直後にはジャンプ気味になる。このジャンプをもっと積極的に行なう。

- **フローティング ターン**（floating turn） コース取りをやや山側へ移動し，山頂から山頂へジャンプする。リバース ターンのジャンプ版といえよう。
- **クイック ターン**（quick turn） コブとコブの間が大きい場合，細かいターンを挿入する。

13.10　本章のまとめ

コブ斜面では，強いエッジングは使えない。整地におけるカービング ターンには拘らず，ずれを利用したターンを多用すべきである。

まずは，小回りスライド ターンであるが，コブの肩から肩へ主としてコブの裏側を横滑りでほぼ斜面全体のフォール ライン方向に直線的に横滑りしていく。そして肩の地点ではピボット回旋で向きを変える。

この技術は二つの方向に分れる。一つは大回りスライド ターンであり，このラインをより谷底を通るナチュラル ラインに近付け，さらに横滑り要素を減らしていくことで，速度を上げていくことが可能である。もう一つは，ポーパス ターンであり，コブの肩へ直線的に突込んでいくように変更していくことで達成される。上下動を積極的に使う吸収によって速度制御を行う。まだ，やったことはないが，小回りスライド ターンからは，むしろ早目にポーパス ターンへ移行し，吸収を習得する方が，技術が多様化するので，よいのではないかと感じている。

続いて，バンク ターンを推奨する。これは谷底ラインより外側を通過する手法である。基礎スキーからの連続性も高く，またスライド部分を減らしていくことも可能である。

いずれのターンでも，速度が上がってくると吸収が必要となってくる。そして，速度制御は徐々にこの吸収によりされるようになる。あまりエッジに頼らないことと吸収が重要になることが，フラット バーンとコブ斜面の最もことなる点であることを強調したい。

第 14 章

深雪の滑走

整地されたバーン以外の部分はしばしば**深雪**（deep snow）と呼ばれる。比較的堅いバーンの上に**新雪**（fresh [virgin] snow）の載ったバーンもあるし、コース外のただ荒れているだけのバーンもある。この章で扱うのは、ほとんど人の入っていない、深い新雪としての深雪である。しかも**パウダー スノー**（powder snow）とか**アスピリン スノー**（asprin snow）と呼ばれるほどのふかふかの雪を対象とする。新雪の量の少いバーンは、概ね通常のスキー技術のバリエーションとして滑ることができ、要は板にきちんと乗っていればよいのである。ふかふかの深い新雪はだいぶ意識を変えないと滑れないため、新たに章を起した次第である。この意味で以後本章で深雪といった場合には、ふかふかの深い新雪である。ある程度堅いバーンに新雪が載った場合は、その量によって、本章で扱う手法を取り入れないといけない場合もある。

14.1　深雪の直滑降

ふかふかの深い雪という場合、まず、スキーやボード全体がかなり潜るふかふかさを指す。さらに、滑走中にテールにも強い抵抗を感じない場合を考察しよう。十分ふかふかであると、スキーの底面には雪からほぼ一様な力がかかる。まず、雪の摩擦力はないとしよう。一定の速度で降下していくことを考えると、このスキー底面にかかる力の合力は、スキーヤーにかかる重力とバランスするはずである。このため、深雪スキーの体勢は**図 14.1** に示す摩擦力のない場合となり、スキー板は水平でよいことになる。

図は若干の滑り摩擦のある場合を示したが、その分、スキーは若干下向きとするが、それでもほぼ水平でよいことがわかる。つまり、スキーも体 (この斜度では膝下) もかなり雪に潜っており、スキー板はほとんど水平という、およそ通常斜面では考えられないよう

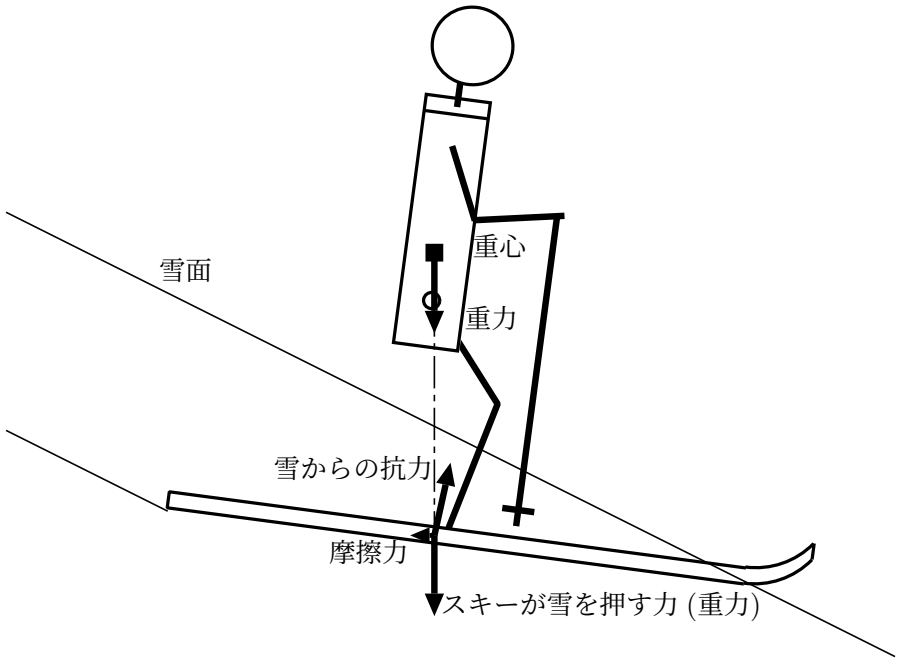


図 14.1　深雪での体勢 (雪の摩擦力がないとスキーは水平でよい)

な体勢で滑ることとなる。

なお、スキーが潜ってしまうと、トップの反り上がりの形状のため、スキーは後向きに押し込まれてしまい、さらにどんどん雪面から潜っていってしまうため、次節に述べる方法により、常にトップが若干出るような位置で滑走を継続する必要がある。

また、足は揃えた方が楽である。その方が雪を踏み固める効果も大きい。ボードが深雪で強いのも、踏み固め効果が大きいからである。

14.2　深さの制御

スキーを潜り込ませないよう、また余りに跳び出させないよう、深さの制御が必要である。

スキーが雪に潜り込まないようにスキーのトップを雪面から出しているだけ、雪からスキーにかかる合力は若干後側になっている。また、表面より奥の方の雪が堅めの場合にも、合力は後側となる。こうしたことから、若干後荷重した方がよい。意識としては、スキートップが若干雪面から出るように、重心の位置を前後する。やや後荷重にすると、ス

キー板を水平よりは前高にするモーメントが働くため、スキー トップは徐々に奥へ入っていくと同時に、降下速度はやや遅くなっていく。逆にやや前荷重にすると、スキー板を前低にするモーメントが働くため、スキー トップは徐々に出てくると共に、降下速度はやや速くなっていく。

14.3　深雪のターン

このバランスした速度で滑る限り、ターンは大きく方向を変えるようなとき以外は、ほとんど不要である。また、急なターンはしたくてもできない。しかし、ゆっくりとしたターンを繰り返すと、不安定な一定姿勢から離脱できたり、降下速度を遅めたり、たまに現われる沢などの不整地を回避するのにも有効である。

深雪でターンするのは、まずは動作が極端にゆっくりである必要がある。初めたころは急動作を行ってしばしば転倒することがあるが、深雪での転倒は復帰が容易ではない。転倒すると、まずは抵抗の大きなスキーの方が上部になってしまい、体が深く沈んだ状態になることが多い。このため、まずスキーを外し、スキーを雪面付近に滑らないようにきちんと平行に置いてから、そこへよじ登ることになる。また、絶え間なく周辺の雪がビンディングに落ちてきたり、踏み込む際、スキー板が沈むため、靴を板に固定するのも容易ではない。まずは転倒しないよう、ゆっくりした動作を薦める。

ゆっくりした回転は比較的簡単である。やや前荷重とし、膝を周りたい方向へ少しだけ倒すと、スキーは自然にゆっくり向きを変える。この際、スキー板にきちんと乗って、板を垂直に押し続ける意識が必要である。それだけの動作で、鋤き込みとカービングにより、ターンは開始する。また、板は揃えて、左右の上下差や前後差は付けなくてよい。まさに、一枚板のように扱う。ストックは、リズムときっかけを得るために使う程度とし、積極的に体重をあずけはしないようにする。ターンを終了するのは、膝を元にし前荷重を戻すだけでよい。つまり、通常のバーンにおけるカービング ターンと同じことを、ゆっくり行えばよい。

深雪ではスキー板を自分の意志で好きなように動かすことは、まったくと言ってよいほどできないので、板にスキーヤーを合せていくようにする必要がある。板を自由に急に動かそうとすると、周りの膨大な雪の結果、板は勝手に板の面方向へスライドしてしまう。その結果、踏み固めたところから逸脱してしまい、突然、深い方へ落ちていってしまう。この踏み固めたところから、板を外さないようにするには、ゆっくり動作と、板をいつも垂直に押すという感触が必要なのである。そこで、板を動かすのはキッカケを与えるためだけであり、板が動き出してからそれに乗っていくという意識を持つ方がよいであろう。

14.4　本章のまとめ

アスピリン スノーとかパウダー スノーと呼ばれる雪では、板を思いの他水平にして滑ることなる。まずは、ターンなどは考えず、トップがかろうじて雪面から出るぐらいの位置をキープするように、荷重点を前後させながら、自然降下する。また、膝を付けて、スキーを揃える方が抵抗が大きくてよい。

ターンの鉄則は、ゆっくり動作である。膝を回すことで、スキー板が傾きターンが始まる。戻せば、ターンが終了する。しかし、この際常に、板面に垂直に荷重がかかるように留意する必要がある。

何と言ってもパウダー スノー滑りは楽しい。そのためには積極的に新雪に飛び込んでいってほしい。圧雪バーンの傍にある新雪では、乱れたスキー跡が多く、かえって難しい。なるべく、他人の滑った跡のない新雪を見つけてトライいただきたい。

付録 A

スキー・ボードの構造

スキー板の設計法は、私のスキーを初めたころと全く変ってしまった。また、そのころ、ボードはまだ無かった。今回、本書を記述するに当り、スキーやボードのサイズについて色々調べたことをまとめておく。また、人体の各種の姿勢を議論するに当り、モデル人形を採用したので、それについても述べておく。

A.1　人体のモデル

本書の性格上、あちこちで人間の図が必要である。当初、これらを円筒、球、直方体などの組合せで人間を図示したが、どうしても微妙な形が表現できない。たまたま、Web でモデル人形を利用して解説を行なっているページを見つけ、これは便利であるということで、当方も利用することとした[*1]。

使ったモデル人形は、(株) オビツ製作所のフルアクションドール (男性)27M で、1/6model である。身長 285mm なので、実寸 1710mm に対応する。以後は、すべて実寸で議論を行うが、モデルのサイズを知るには、実寸を 1/6 とすればよい。

このモデル人形は膝が完全には閉じない、足首や手首が 1 軸、といった問題はあるが、ほぼ実際の人間と同じような運動が可能である。さらに、重心の位置が、実体の人間とよく対応がとれている。人間の重心の位置を調べてみると、上下方向には、臍下 90mm ぐらいである。一方、前後左右方向には鳩尾の若干奥 (10-30mm 程度) である。これは、通常の立ち位置やスクワットのような極端な姿勢でも、余り変らない。幸いにして、このモデル人形で重心の位置を調べてみても、ほぼその位置に来る。

[*1] モーグルな生活「目次: コブの滑りかた」

なお、オビツの人形は間接の硬さも均質であり、大変使い易いものであるが、一つだけ欠点がある。それは股関節の内側への回転が不十分なことである。膝が組めないのは止むを得ないとしても、両脚の膝を付けることができないし、左右の膝を一緒に左右に振ることも容易ではない。つまり、エッジングの説明がしずらいのである。幸い、Holbein Art Materials Inc. のボークス・カスタマイズドール No. CD-220 は関節の可動範囲が広く、必要に応じ、それを用いた。しかし、この人形の間接は硬過ぎたり、柔らか過ぎたりで、きちんとしたフォームを維持しようとするのが大変であるという欠点を持っている。したがって、支障のない限りはオビツのものを用い、特に関節の可動域を要する場合のみ、これを利用した。

A.2　スキーのモデル

スキーもボードも 1990 年代ごろからカービングの概念が大幅に取り入れられ、設計の手法も大きく変化した。現在は、まずはサイドカットであり、それを大きな円弧として作成する。また、それだけでは実際のターンで使われる小さな回転半径にはフォローできないため、板を撓らせる必要がある。つまり、フレキシビリティーも重要である。板を撓まらせるために、トップ側はやや長めの方がよく、このため幅の一番狭いウェストと呼ばれる部分は板全体の長さの半分よりやや後に置かれる。ここより両側に円弧を描くと、トップはやや幅広、テールはそれよりやや狭い形となる。これが基本形であるが、用途に合せ、円弧の半径 R、長さ L などが変化する。

以後、本節では、スキーについて記述する。サイドカットの半径 R が大きいほど直線的になるため、直進性がよく、かつターンしずらいスキーとなる。長さ L は速度に大きな影響があり、かっては身長よりも 0-200mm 程度長く、直進性がよく、速度も出し易いが、回転操作性の悪いスキーをいかに乗りこなすかが技術の象徴にように言われたが、現在はほぼ L=1500-1700mm ぐらいに納まっている。板の選択も、身長には依存せず、直進性と回転操作性の兼ね合いから決定されるようになってきている。また、深雪のように、面積を必要とする場合は、ウェストをやや広めにし、サイドカット半径 R を短か目にしてトップを幅広とする。モーグルのように、エッジの食い込みを嫌い、フレキシビリティーを要求される場合には、R は長めとし、ウェスト幅を狭めに、全長 L も短めとする。

本書では、標準に近いサイズとして、長さ (L)1600mm、トップ幅 110mm、ウェスト幅 70mm、テール幅 90mm、サイドエッジ半径 (R)14000mm とした。ここで、ウェストの位置 (ウェストセンター) をスキーの全長の半分の位置 (コアセンター) より 60mm(-3.7%) テール寄りとしている。

スキーブーツはビンディングへの取付部分も含めて足サイズより前後へ 20-25mm 長い。足の長さを 260mm とし、310mm とした。ブーツの幅は余り重要ではないが、足幅 110mm に両側で 10mm ずつオーバーとした 130mm とした。ブーツの高さは 300mm とし、その位置での前傾量を 60mm とした。このブーツ底のセンターをスキーのウェストセンターに合せる。

A.3　スノーボードのサイズ

驚くべきことに、スキーが短くなってしまったため、スノーボードとの長さの差はほとんど無くなってきている。もちろん、幅は広いため、R はやや短めであり、全体のフレキシビリティーは少なくてよい。ボードの長さは 1400-1650mm、ウェスト幅は 240-250mm、R は 8000-9000mm である。ウェストセンターの位置は、標準的なもので 0-5% ぐらいテール側である。フリースタイルに近付くほど、前後差がなくなる。

本書では、標準に近いサイズとして、長さ (L)1500mm、トップ幅 294mm、ウェスト幅 246mm、テール幅 281mm、サイドエッジ半径 (R)8400mm とした。ここで、ウェストの位置 (ウェストセンター) をボードの全長の半分の位置 (コアセンター) より 35mm(-2.3%) テール寄りとしている。

ブーツ角もアルペンはかなり前向き、フリーは横向きであるが、ここでは前足 20 度、後足 10 度とした。

A.4　バーン

スキーゲレンデには初級、中級、上級とあるが、初級者が好むゲレンデは初級、...、上級者が好むゲレンデが上級と分類されているのであって、傾度で分類されている訳ではない。しかし、およそ、初級 5 度から 20 度、中級 15 度から 30 度、上級 25 度から 40 度程度のことが多い。本書ではそれぞれの中間的な値として、傾度 12 度、24 度、34 度 ($\tan\alpha$ が 0.22、0.44、0.66) を必要に応じ、使っている。

コブ斜面は、20 度から 30 度の中級斜面に発生しやすく、あまりに緩斜面や急斜面では発生しないことが知られている。ただし、コブが発生すると斜度に関係せず、上級に分類される。

索引

■ A
absorption（吸収） 30, 40, 123
action（作用） 13
angular accelaration（角加速度） 20
angulation（くの字姿勢） 53, 77
anticipation（先行動作） 30
arch（土踏まず） 13, 23
asprin snow（アスピリン スノー） 129

■ B
back turn（バック ターン） 63
backward leaning position（後傾姿勢） . 19, 23
backward weighting（後方荷重） 17
balance（平衡） 12
bank turn（バンク ターン） 120, 127
bank（バンク） 88
bend（ベンド） 88, 92
bending（屈身） 42
bending jump（屈身ジャンプ） 42
bending（ベンディング） 119, 123
body axis（体軸） 15
bump bahn（コブ斜面） 110
bump（コブ） 110

■ C
camber（キャンバー） 85
cant（カント） 88
carving ski（カービング スキー） 85
carving turn（カービング ターン） . . . 1, 86, 107
center of gravity（重心） 13
central weighting（中央荷重） 2
centrifugal force（遠心力） 33, 34, 95
centripetal force（向心力） 33
change, Umsteig (G)（ウムシュタイグ） . . . 102
check（チェック） 71, 73
closed stance（閉脚） 103
constant speed（等速） 32
cross over（クロス オーバー） 91

■ D
deep snow（深雪） 129
dolphin turn（ドルフィン ターン） 122
down unweighting（屈身抜重） 42, 79
down unweighting（抱え込み抜重） 42
drift turn（ドリフト ターン） 95

■ E
edge（エッジ） 2, 53
edging（エッジング） 2, 53, 65
equal weighting（均等荷重） 2, 19

■ F
fall line（最大傾斜線） 1, 107
fall line（フォール ライン） 23
flat bahn（フラット バーン） 23, 65
flat ground（平地） 12
flat jump（水平ジャンプ） 42
flat step（平踏み） 115
floating turn（フローティング ターン） 128
force（力） 12
forward leaning position（前傾姿勢） . . . 19, 23
fresh [virgin] snow（新雪） 129
friction（摩擦） 55
front turn（フロント ターン） 63

■ G
garland,Girlande (G)（ギルランデ） 66
goofy stance（グーフィー スタンス） 6
gravity（重力） 12, 13

■ H
heel weighting（かかと荷重） 19

■ I
impact force（撃力） 40
impulse（力積） 40, 51
inertia force（慣性力） 25, 33
inertia system（慣性系） 25

■ J
jump turn（ジャンプ ターン） 68, 98

■ L
law of accelaration（加速度の法則） 11
law of action and reaction（作用-反作用の法則） 11, 13
law of uniform velocity motion（等速度運動の法則） 11

■ M
mass（質量） 12
mogul line（モーグル ライン） 113
mogul turn（モーグル ターン） 122
moment of force（力のモーメント） 20

■ N
natural line（ナチュラル ライン） 113
natural stance（ナチュラル スタンス） 1
neutral position（中間姿勢） 19
neutral position（ニュートラル ポジション） 92
new line（ニュー ライン） 123, 127
Newton law（ニュートンの法則） 11, 13
normal（垂直） 24
normal ski（ノーマル スキー） 85, 94
normal（ノーマル） 93

■ O
open stance（開脚） 103
outfall（落ち口） 113

■ P
parallel turn（パラレル ターン） .. 1, 68, 91, 98
Pflug Bogen (G)（プフルーク ボーゲン） 90, 93, 97
pinciple of weighting normal to edge（エッジ垂直荷重の原理） 60
pivot spin（ピボット回旋） 115
plow (plough) spin（鋤き込み回旋） 96
plow (plough) turn → Pflug Bogen (G)（プフルーク ターン） 90
point of action（作用点） 12, 13
porpois turn（ポーパス ターン） 123
powder snow（パウダー スノー） 129
pressing（加重） 42, 78

■ Q
quick turn（クイック ターン） 128

■ R
reaction（反作用） 13
regular stance（レギュラー スタンス） 6
restitution coefficient（反発係数） 39
reverse turn（リバース ターン） 126, 127
rigid body（剛体） 20
rocker ski（ロッカー スキー） 85
rocker（ロッカー） 85

■ S
saucer（受け皿） 113
schuss（直滑降） 23
scoot turn（スクート ターン） 127
short turn（ショート ターン） 99
skating（スケーティング） 57
ski（スキー） 1
skid spin（スキッド回旋） 95
skid turn（スキッド ターン） 95
slide turn（スライド ターン） 95, 118, 127
sliding（横滑り） 53, 115
snow-board（スノー ボード） 1, 63
speed（速さ） 32
spin（回旋） 22, 94
step turn（ステップ ターン） 91, 98
straight ski（ストレート スキー） 94
stretching（伸身） 42
stretching jump（伸身ジャンプ） 42
switch back（スイッチ バック） 115

■ T
tail slide（テール スライド） 96
terminal velocity（終端速度） 26
throat（喉） 113
thumb ball（拇指丘） 19
thumb ball（拇指球） 19
toe weighting（爪先荷重） 19
top bend（トップ ベンド） 96
top lowering（先落し） 30, 124
torque（トルク） 20
traverse（斜滑降） 64
turn（ターン） 33, 94
twist spin（ねじり回旋） 96, 99

■ U
uniform circular motion（等速円運動） 32
uniform motion（等速直線運動） 32
unweighting（抜重） 42, 78
up unweighting（伸身抜重） 42, 79
up unweighting（立ち上がり抜重） 42

■ V
vector（ベクトル） 32
velocity（速度） 32
vertical（鉛直） 2, 24

■ W
weight（重さ） 12
weighting（荷重） 15
weighting axis（荷重軸） 15

weighting point（荷重点） 15

■ あ
アスピリン スノー (asprin snow) 129
受け皿（saucer） 113
ウムシュタイグ (change, Umsteig (G)) 102
エッジ (edge) 2, 53
エッジ垂直荷重の原理（pinciple of weighting normal to edge） 60
エッジング (edging) 2, 53, 65
遠心力（centrifugal force） 33, 34, 95
鉛直（vertical） 2, 24
落ち口（outfall） 113
重さ（weight） 12

■ か
カービング スキー (carving ski) 85
カービング ターン (carving turn) 1, 86, 107
開脚（open stance） 103
回旋（spin） 22, 94
抱え込み抜重（down unweighting） 42
かかと荷重（heel weighting） 19
角加速度（angular accelaration） 20
加重（pressing） 42, 78
荷重（weighting） 15
荷重軸（weighting axis） 15
荷重点（weighting point） 15
加速度の法則（law of accelaration） 11
慣性系（inertia system） 25
慣性力（inertia force） 25, 33
カント (cant) 88
キャンバー (camber) 85
吸収（absorption） 30, 40, 123
ギルランデ (garland,Girlande (G)) 66
均等荷重（equal weighting） 2, 19
クイック ターン (quick turn) 128
グーフィー スタンス (goofy stance) 6
屈身（bending） 42
屈身ジャンプ（bending jump） 42
屈身抜重（down unweighting） 42, 79
くの字姿勢（angulation） 53, 77
クロス オーバー (cross over) 91
撃力（impact force） 40
後傾姿勢（backward leaning position） . 19, 23
向心力（centripetal force） 33
剛体（rigid body） 20
後方荷重（backward weighting） 17
コブ (bump) 110
コブ斜面（bump bahn） 110

■ さ
最大傾斜線（fall line） 1, 107
先落し（top lowering） 30, 124
作用（action） 13
作用点（point of action） 12, 13
作用-反作用の法則（law of action and reaction） 11, 13
質量（mass） 12
斜滑降（traverse） 64
ジャンプ ターン (jump turn) 68, 98
重心（center of gravity） 13
終端速度（terminal velocity） 26
重力（gravity） 12, 13
ショート ターン (short turn) 99
伸身（stretching） 42
伸身ジャンプ（stretching jump） 42
伸身抜重（up unweighting） 42, 79
新雪（fresh [virgin] snow） 129
深雪（deep snow） 129
垂直（normal） 24
スイッチ バック (switch back) 115
水平ジャンプ（flat jump） 42
スキー (ski) 1
鋤き込み回旋（plow (plough) spin） 96
スキッド ターン (skid turn) 95
スキッド回旋（skid spin） 95
スクート ターン (scoot turn) 127
スケーティング (skating) 57
ステップ ターン (step turn) 91, 98
ストレート スキー (straight ski) 94
スノー ボード (snow-board) 1, 63
スライド ターン (slide turn) 95, 118, 127
ズルドン 115
前傾姿勢（forward leaning position） ... 19, 23
先行動作（anticipation） 30
速度（velocity） 32

■ た
ターン (turn) 33, 94
体軸（body axis） 15
立ち上がり抜重（up unweighting） 42
チェック (check) 71, 73
力（force） 12
力のモーメント（moment of force） 20
中央荷重（central weighting） 2
中間姿勢（neutral position） 19
直滑降（schuss） 23
土踏まず（arch） 13, 23
爪先荷重（toe weighting） 19
テール スライド (tail slide) 96
等速（constant speed） 32
等速円運動（uniform circular motion） 32
等速直線運動（uniform motion） 32
等速度運動の法則（law of uniform velocity motion） 11
トップ ベンド (top bend) 96
ドリフト ターン (drift turn) 95
トルク (torque) 20

ドルフィン ターン (dolphin turn) 122

■ な
ナチュラル スタンス (natural stance) 1
ナチュラル ライン (natural line) 113
ニュー ライン (new line) 123, 127
ニュートラル ポジション (neutral position) .. 92
ニュートンの法則（Newton law） 11, 13
ねじり回旋（twist spin） 96, 99
ノーマル (normal) 93
ノーマル スキー (normal ski) 85, 94
喉（throat） 113

■ は
パウダー スノー (powder snow) 129
バック ターン (back turn) 63
抜重（unweighting） 42, 78
速さ（speed） 32
パラレル ターン (parallel turn) ... 1, 68, 91, 98
バンク (bank) 88
バンク ターン (bank turn) 120, 127
反作用（reaction） 13
反発係数（restitution coefficient） 39
ピボット回旋（pivot spin） 115
平踏み（flat step） 115
フォール ライン (fall line) 23
プフルーク ターン (plow (plough) turn → Pflug Bogen (G)) 90
プフルーク ボーゲン (Pflug Bogen (G)) . 90, 93, 97
フラット バーン (flat bahn) 23, 65
フローティング ターン (floating turn) 128
フロント ターン (front turn) 63
閉脚（closed stance） 103
平衡（balance） 12
平地（flat ground） 12
ベクトル (vector) 32
ベンディング (bending) 119, 123
ベンド (bend) 88, 92
ポーパス ターン (porpois turn) 123
拇指丘（thumb ball） 19
拇指球（thumb ball） 19

■ ま
摩擦（friction） 55
モーグル ターン (mogul turn) 122
モーグル ライン (mogul line) 113

■ や
横滑り（sliding） 53, 115

■ ら
力積（impulse） 40, 51
リバース ターン (reverse turn) 126, 127
レギュラー スタンス (regular stance) 6
ロッカー (rocker) 85
ロッカー スキー (rocker ski) 85